

# ALAN

Volumen 42. N° 2. Junio 1.992

ARCHIVOS

Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

LATINOAMERICANOS

Continuación de Archivos Venezolanos de Nutrición

DE NUTRICION



*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*).

*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*).

**Dirección: Archivos Latinoamericanos de Nutrición**

Apartado 62.778. Chacao  
Avenida Francisco de Miranda  
Caracas 1060. Venezuela, S.A.  
Fax: (58-2) 284.85.43

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

**Arch Latinoamer Nutr**

**ALAN-VE ISSN 0004-0622**

**Depósito Legal: pp 76-0150**

**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.**

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Organo Oficial de la  
Sociedad Latinoamericana de Nutrición

---

VOL 42

JUNIO 1992

Nº2

---

## Contenido

	Páginas
EDITORIAL.....	89
<b>ARTICULOS GENERALES</b>	
Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica. Werner Jaffé.....	90
Considerações sobre a biodisponibilidade do ferro dos alimentos. M. L. Pires Bianchi, H. Candido Silva and J.E Dutra de Oliveira. ....	94
<b>TRABAJOS DE INVESTIGACION</b>	
<b>Nutrición Humana</b>	
The output and outcome of two types of formal health structures - health post and creche - for nutritional interventions for preschool children in two urban low-income communities of Belo Horizonte, Brazil, (1986). B. Schell, R. Gross, M.A. Coelho Leao, M.C. Bisi Molina, U. Strack and B. Brunken.....	101
Relación entre el consumo de grasas y la mortalidad por cáncer colorrectal en la población venezolana. H. Malavé, H. Méndez Castellano y I. Malavé .....	110

<b>The nutritional status of Guaymi Indians living in Chiriqui province, Republic of Panamá.</b> D.L. Taren, D. Sanjur G. Rivera, D.W.T. Crompton, M. Nesheim, J.T. Cox and E.C.M. Williamson. ....	118
<b>Estandarización de personal en diagnóstico clínico de bocio: ¿Como evaluar la concordancia entre examinadores de la tiroides?</b> Jorge Matute y Erick Boy .....	127
<b>Influencia de la nutrición en la capacidad funcional de un grupo de ancianos españoles.</b> Rosa María Ortega, Pedro Andrés, Agustín Meléndez, Estrella Turrero, María Jesús Gaspar, Marcela González Gross, Guadalupe Garrido, Manuel Chamorro, Elias Díaz-Albo, Olga Moreiras-Varela .....	133
<b>Ciencias de Alimentos</b>	
<b>Contenido y disponibilidad biológica de los carotenoides de Pejibaye. (<i>Bactris gasipaes</i>) como fuente de vitamina A.</b> Adriana Blanco y Leda Muñoz .....	146
<b>Efecto del proceso de extrusión del sorgo sobre el color de las harinas y tortillas a base de mezclas con harina de maíz nixtamalizada.</b> F Martínez B., C. F. Ciacco y Y. Salinas M. ....	155
<b>Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para valles altos.</b> Y. Salinas M., J.L. Arellano V. y F. Martínez B. ....	161
<b>Incidencia de toxinas de <i>Fusarium</i> en el maíz y productos de la molienda.</b> A. Saubois, M.C. Nepote y J.C. Basílico. ....	168
<b>Elaboración de un producto tipo hamburguesa con base en carpa a través de la reducción de la actividad acuosa.</b> M. Santillán y L.J. Morales. ....	173
<b>LATIN FOODS. COMPOSICION DE ALIMENTOS</b>	
<b>Estado actual de los métodos analíticos para determinar provitamina A.</b> D.B. Rodríguez-Amaya y J. Amaya-Farfán .....	180
<b>Características, composición y comportamiento quesero de la leche de cabra.</b> I. Verdalet-Guzmán. ....	192
<b>Características físicas, tecnológicas y proteínicas de frijoles (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) silvestres y cultivados.</b> G. Vásquez Carrillo y F. Cárdenas Ramos .....	201
<b>SECCION VITAL. VITAMINA A</b> .....	210
<b>NUEVOS LIBROS</b> .....	221
<b>NOTAS</b> .....	222
<b>ENTIDADES PATROCINANTES</b> .....	224
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b> .....	225

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the  
Latin American Society of Nutrition

---

VOL 42

JUNE 1992

N° 2

---

## Contents

	Pages
<b>EDITORIAL</b> .....	89
<b>GENERAL ARTICLES</b>	
Selenium, an essential and toxic element. Data from Latinamerica - Werner Jaffé .....	90
Considerations regarding iron bioavailability in foods. M. L. Pires Bianchi, H. Candido Silva and J.E. Dutra de Oliveira. ....	94
<b>RESEARCH PAPERS</b>	
<b>Human Nutrition</b>	
The output and outcome of two types of formal health structures - health post and creche - for nutritional interventions for preschool children in two urban low-income communities of Belo Horizonte, Belo Horizonte, Brazil, (1986). B. Schell, R. Gross, M.A. Coelho Leao, M.C. Bisi Molina, U. Strack and B. Brunken. ....	101
Fat intake and colorectal mortality in the Venezuelan population. H. Malavé, H. Méndez Castellano and I. Malavé. ....	110
The nutritional status of Guaymi Indians living in Chiriqui province, Republic of Panamá. D.L. Taren, D. Sanjur, G. Rivera, D.W.T. Crompton, M. Nesheim, J. T. Cox and E.C.M. Williamson. ....	118
Personnel standardization in clinical diagnosis of goiter: ¿How to evaluate concordance between thyroid examiners? Jorge Matute and Erick Boy .....	127

**Influence of the nutritional status on the functional capability of Spanish elderly.** Rosa María Ortega, Pedro Andres, Agustín Meléndez, Estrella Turrero, María Jesús Gaspar, Marcela González Gross, Guadalupe Garrido, Manuel Chamorro, Elias Díaz-Albo and Olga Moreiras-Varela ..... 133

#### **Food Science**

**Pejibaye (*Bactris gasipaes*) carotenoid content and biological bioavailability as a source of vitamin A.** Adriana Blanco and Leda Muñoz ..... 146

**Effect of the extrusion process in the color of instant sorghum flours and its tortillas prepared with different levels of lime-treated corn flours.** F. Martínez B., C.F. Ciacco and Y. Salinas M. .... 155

**Physical and chemical properties and correlations of early corn kernels for high valleys.** Y. Salinas M., J.L. Arellano V. and F. Martínez B. .... 161

**Corn and grinding by-products incidence of *Fusarium* toxins.** A. Saubois, M. M. Nepote and J.C. Básilico. .... 168

**Elaboration and conservation of a hamburguer-type product made from carp pulp by means of combined factors based on water activity reduction.** M. Santillán and L.J. Morales. .... 173

#### **LATIN FOOD. FOOD COMPOSITION.**

**Present state of the analytical methodologies for provitamin A determination.** D. B. Rodríguez-Amaya and J. Amaya-Farfán. .... 180

**Characteristics, composition and cheesemaking behavior for goat's milk.** I. Verdalet-Guzmán. .... 192

**Physical, technological and proteinic characteristics of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris* L.)** G. Vásquez Carillo and F. Cárdenas Ramos. .... 201

**VITAL SECTION. VITAMIN A.** ..... 210

**NEW BOOKS** ..... 221

**NOTES** ..... 222

**SPONSORING AGENCIES.** ..... 224

**INSTRUCTIONS TO AUTHORS** ..... 225

## Editorial

Al iniciarnos como editores de una revista que, como ALAN, tiene una larga tradición, nos confrontamos con los más variados desafíos. Por una parte, los inconvenientes de un cambio de sede que provocan una dilación con término escasamente manejable por los editores, y por otra, la necesidad de revisar críticamente la evolución y posibles derroteros de la revista. ALAN nació como una necesidad de un conjunto excepcional de investigadores venezolanos quienes contemplan la dispersión de una abundante información nutricional que reflejaba los problemas específicos del país. Venezuela gozaba de los logros de una concertada acción sanitaria que había producido una disminución considerable de las enfermedades infecciosas y parasitarias, pero los problemas nutricionales apenas comenzaban a ser analizados en toda su complejidad. Era evidente que las posibilidades de acceso editorial de esa información a las revistas de países desarrollados, intensamente sesgadas hacia la naciente bioquímica nutricional, eran escasas. Por tanto se daban todas las condiciones para iniciar una revista en el campo de la nutrición y así nació en 1950 Archivos Venezolanos de Nutrición.

El análisis de los primeros números que conformaron el primer año de actividades da cuenta de la variada gama de problemas que se estaban analizando y la útil tarea de información general que la revista daba a sus lectores. Al comienzo la mayoría de los trabajos provenían de autores venezolanos, pero muy acertadamente los editores se preocuparon de abrir sus páginas al resto del continente americano, tanto es así que para el segundo año ya se nota la colaboración de los autores de otros países.

En el año 1965 con ocasión del Congreso de Nutrición del Hemisferio Occidental, se funda la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), en la ciudad de Chicago, Illinois. Mediante el liderazgo de la primera directiva de SLAN, formada por los Doctores Conrado F. Asenjo (Presidente), Pablo Liendo Coll (Vice-presidente), Guillermo Arroyave (Secretario) y Carlos Collazo (Tesorero) y actuando como vocales Lucila Sogandares, Marina Flores y Rafael Ramos Galván, se inicia la anhelada aparición de una revista Latinoamericana de Nutrición. Ya desde 1957 el Dr. Werner Jaffe, editor de Archivos Venezolanos de Nutrición, había ofrecido la continuación de Archivos Venezolanos como Latinoamericanos de Nutrición, con motivo de la reunión de la Cuarta Conferencia sobre los Problemas de Nutrición en la América Latina, celebrada en Guatemala, de tal modo que los trámites administrativos se hicieron sin mayores dificultades. El Director del Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela, Dr. Miguel Octavio Russa, en nombre del Gobierno de Venezuela, cursó una comunicación oficial al Dr. Asenjo, con fecha 7 de Enero de 1966, donde se autoriza la citada continuación. Aparece así el primer número de Archivos Latinoamericanos en Septiembre de 1966.

Correspondía esta transformación al volumen XVI, 15 años después de la aparición de la revista venezolana. Ya para ese momento se tiene una revista extensamente acreditada en el continente. En efecto, en ese año aparecen trabajos de Estados Unidos de Norteamérica, Reino Unido, Guatemala, Jamaica, Costa Rica, Colombia y Uruguay. En 1978 comienza su período de edición en Guatemala y bajo la competente dirección de un destacado investigador, el Dr. Ricardo Bressani, se consolida la importancia internacional de la revista.

El análisis del contenido de la revista desde su inicio hasta el momento, muestra que, en general, no ha estado equilibrado entre las áreas de fisiología de la nutrición, nutrición clínica, salud pública y ciencia de los alimentos. En efecto, en la primera década se nota un predominio de aspectos de salud pública y nutrición clínica. Luego de algunos cambios arribamos a una situación muy inclinada hacia la tecnología de alimentos. En el período de 1967-1991 esta sección representa más del 50% de los artículos. Esta distribución de las áreas de interés parece que no ha obedecido a políticas editoriales explícitas, sino que reflejan el cambiante interés de los autores que desean publicar ALAN. Nos parece prudente que esta actitud editorial se mantenga, pero creemos nuestra responsabilidad tratar de cubrir la mayoría de los campos para aumentar el espectro de los colaboradores y lectores.

El Volumen 42 de ALAN está ya cubierto por los trabajos que nos han entregado de Guatemala listos para la edición final y se está en las fases finales del difícil período de modificaciones que se notarán en los números que están por salir de la imprenta.

Quienes hemos aceptado el reto de dirigir una revista de tanta importancia, pedimos la colaboración y sugerencias de nuestros colegas del continente para tener buen éxito en mantener y expandir los alcances de ALAN.

Dr. Virgilio Bosch R.

Editor General

## Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica

*Werner Jaffé*

Comisión Coordinadora de Investigaciones en Alimentos y Nutrición, U.C.V.  
Apartado 21201, Caracas 1020A, Venezuela.

**RESUMEN.** Se presentan algunos aspectos sobre la importancia del selenio, fuentes, deficiencias y excesos. Se comentan las grandes diferencias de ingesta entre diferentes países y zonas geográficas. Los niños de una zona de Venezuela consumen con la lactancia materna aproximadamente 10 veces más que los de Finlandia. Usando los niveles de Se en ajonjolí como indicador, se detectaron entre las muestras de 20 países, los más altos y los más bajos provenientes de países latinoamericanos. Igualmente, los niveles más altos y los niveles más bajos en orina y suero sanguíneo reportados en la literatura, con escasas excepciones, son de esta región geográfica. Se recomienda efectuar estudios en Latinoamérica sobre los niveles de Se, para los cuales la excreción urinaria o la concentración en uñas o en la clara de huevo de gallinas, no sometidas a una alimentación con productos industrializados, pueden servir como indicadores.

Ya Paracelsus declaró que es la dosis la que determina, si un compuesto es remedio o tóxico, y no el compuesto en sí. En el caso del Selenio (Se), los niveles que pueden causar intoxicación o carencia están relativamente cerca, comparados con muchos otros compuestos y nutrientes, razón por la cual los conocimientos sobre su abundancia o falta en los alimentos es de interés especial.

### IMPORTANCIA FISIOLÓGICA

El selenio es absorbido del suelo por las plantas e incorporado mayormente en las proteínas en forma de selenometionina o selenocisteína. Poco se sabe de otras formas de Se en alimentos, ya que por lo general, estos se analizan después de una incineración. A través de las plantas llega a los organismos animales por vía de la alimentación. Forma parte de la enzima glutatión-peroxidasa (1). Existe una estrecha relación entre el nivel de esta enzima y del elemento selenio en el suero (2) y en la leche (3). Diferentes plantas tienen muy diferente capacidad de acumular Se (4).

**SUMMARY.** Selenium, an essential and toxic element, data from Latin America. After a brief discussion of some of the aspects of importance, sources, deficiencies and excesses of selenium the great differences of ingestion between different countries are mentioned. Breast fed children from an area in Venezuela ingest 10 times the amount compared with children from Finland. Among sesame seed samples from 20 different countries used as Se indicators, the highest and the lowest values were found in those of Latin American origin. With very few exceptions the highest and the lowest urinary and serum Se levels reported in the literature came from this region. The performance of more studies in Latin America on Se is recommended. Urinary excretion and analysis of finger nails or egg-white of freely foraging hens could be used as suitable indicators.

La glutatión-peroxidasa protege membranas celulares porque destruye peróxidos endógenos, inhibiendo la peroxidación de lípidos. Existen otras selenoproteínas en musculatura, una proteína transportadora de Se, dehidrogenasa de xantina y algunas enzimas bacterianas. El selenio reduce la toxicidad del mercurio, del cadmio y de otros metales tóxicos (5).

### FUENTES

Todo el Se de los alimentos proviene del suelo, que puede ser rico o también muy pobre en este elemento. El agua es generalmente de poca importancia en el suministro del mismo (6).

Entre los alimentos, los pescados y mariscos y los huevos son buenas fuentes, aunque muchos alimentos vegetales provenientes de zonas seleníferas tienen cantidades considerables de este elemento (4). La biodisponibilidad de las diversas fuentes vegetales y animales es similar (7,8).

La actividad fisiológica se detectó primero por su efecto tóxico en ganado y caballos en los años 30, porque un consumo excesivo puede producir la llamada "alkali disease" observada primero en Wyoming y Nebraska de los E.E.U.U. (4). Se manifiesta por la caída del pelo, malformaciones de uñas, cirrosis hepática y muerte.

Hay países donde la falta de selenio en los suelos ha provocado problemas de salud para el ganado y en casos extremos también en la población humana. Son estos, Nueva Zelanda, Finlandia, parte de E.E.U.U. y principalmente la China (9). Las zonas deficientes en Se se detectan generalmente por observaciones de miopatía en ganado y diátesis exudativa en pollos (5).

#### NIVELES DE INGESTA RECOMENDABLE

No es posible hasta la fecha, establecer cuantitativamente los requerimientos por Se, más bien se han discutido niveles recomendables de ingesta. La definición de estos niveles se hace problemática debido al margen relativamente estrecho entre deficiencia y toxicidad y por fenómenos de adaptación. En humanos residenciados en zonas seleníferas se han encontrado alopecia, uñas malformadas, trastornos digestivos y cirrosis del hígado (4). Sin embargo, los reportes sobre síntomas patológicos por exceso de Se en humanos son escasos. En animales experimentales existe una adaptación; tanto a la ingesta de niveles altos como también bajos de Se (10) y probablemente actúa un mecanismo similar en humanos, como demuestran los resultados de ensayos de balance. En la provincia de Keshan en la China, la zona con los niveles de ingesta de Se más bajos conocida, se obtuvieron balances entre consumo y excreción con 9 mcg de Se/día (11), en Nueva Zelanda se requirieron 24 mcg, en Holanda 33 mcg (7) y en Beltsville, E.E.U.U. 57 mcg para mujeres para lograr el balance y 80 para hombres (12). El consumo en Caracas es 3 veces más alto que en Beltsville (13). Los niños de una zona selenífera de Venezuela ingieren aproximadamente 47 mcg de Se por día con la lactancia materna, comparado con 15,2 mcg en Berlín (14) y 4.7 mcg en Finlandia (15). El rango de ingesta adecuada que se ha propuesto es de 10-40 mcg/día para niños y 50-200 mcg para adultos (16,17). La ingesta promedio en Caracas es de aproximadamente 220 mcg; en Keshan no se han detectado síntomas de deficiencia con una ingesta de 30 mcg/día. La ingesta recomendada por el National Research Council de los E.E.U.U. es de 70 mcg/día para hombres y 55 mcg/día para mujeres; durante el embarazo y lactancia esta dosis se estima en 75 mcg/día (18).

#### IMPORTANCIA

La Keshan-disease es una cardiomiopatía que ataca principalmente a niños y mujeres embarazadas y lactantes con una mortalidad de cerca del 50%, si no es tratada a

tiempo (19). En Finlandia, país en el cual la ingesta de Se es baja, no se ha comprobado la existencia de una relación directa, aunque se han recogido evidencias de que existe un factor de riesgo en relación a enfermedades cardiovasculares y también la incidencia de cáncer (20). Efectivamente, la literatura sobre un posible efecto protector del Se contra el cáncer, tanto en animales experimentales (21) como en humanos (9), es extensa. Un grupo de trabajo de la OMS llegó a la conclusión que los datos disponibles no permiten establecer con seguridad, la existencia de una relación epidemiológica entre el consumo de selenio y la incidencia de cáncer en humanos (25). En Finlandia, se ha iniciado un programa para agregar selenito de sodio a los abonos. Se han reportado casos de síntomas musculares que responden a Se en pacientes alimentados por períodos prolongados por la vía parenteral (22).

Existen en la literatura varios reportes sobre niños que sufrían de Kwashiorkor y se recuperaron mejor, si el tratamiento incluyó la aplicación de Se, aunque la relación entre la malnutrición infantil y el consumo de este elemento no es del todo clara (23). Probablemente juega también un papel en la reacción inmunológica.

Golden y Randath han propuesto un posible mecanismo para explicar una relación entre Se y Kwashiorkor. Ellos creen que procesos que originan radicales libres, por ej. un exceso de hierro, podrían ser moderados por la glutatión-peroxidasa. Por lo tanto, hipotetizan que la relación entre la concentración sanguínea de esta enzima y de la ferretina puede ser indicativa en la prognosis de los enfermos (24). Se han publicado varias revisiones generales sobre la importancia de Se en la nutrición humana (9, 23, 25).

#### SELENIO EN LATINOAMERICA

Burk et al. observaron niveles bajos de Se en la sangre de niños guatemaltecos que sufrían de Kwashiorkor (26). Entre las 132 muestras de ajonjolí desgrasado, proveniente de 20 diferentes países que se analizaron al respecto, los valores más bajos de Se se observaron en las de Guatemala y moderadamente bajos de Ecuador y Brasil, mientras que muestras de Colombia, Venezuela y México tenían niveles superiores al promedio (27). Los suelos de algunas zonas de Colombia se llaman "peladeros" porque el ganado que pastorea en ellos, pierde el pelo y se enferma por el alto contenido de Se (28). Entre los valores de Se más altos encontrados en suelos y trigo se ubican aquellos reportados por Ancizar-Sordo de Colombia (29). Un contenido extremadamente elevado se observó en semillas tóxicas de coco de mono (*Lecythis ollaria*) de Venezuela (30) y en muestras de nuez del Brasil de procedencia desconocida (31).

En una comparación bibliográfica de Se en muestras de orina humana de 16 países, las de Venezuela presentaron los niveles más altos (32,33). Combs y Combs (9) citan una

nota de México que señala la existencia de altos niveles de Se en suelo, vegetales y leche de este país (34). En una reciente publicación sobre pastos de Guatemala, se reporta un nivel normal de este elemento (35).

En la literatura se han encontrado valores de selenio sérico de Latinoamérica solamente de Venezuela (9) y un valor de Guatemala (26). Este último es más bajo que aquellos de los países reconocidos como bajos en Se: Nueva Zelanda, Finlandia y la China, con la única excepción de la provincia de Keshan (9). En contraste, los valores de Venezuela son los más altos reportados en zonas sin prevalencia de seleniosis aguda (9) como lo son también los de leche materna (14) y de orina (36).

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En vista del escaso conocimiento sobre los niveles de Se en Latinoamérica y las notables diferencias que pueden existir entre zonas geográficas, se recomienda emprender estudios para los cuales pueden servir la excreción urinaria en escolares (36), el análisis de pelos y uñas de residentes en la zona de estudio (37 y 38) o de la clara de huevos de gallinas, que no reciben alimentos industrializados, como buenos indicadores (38). Su cuantificación por un método fluorométrico es sencillo (25, 39) y no requiere instrumentos analíticos sofisticados (36).

La falta de información sobre zonas seleníferas y deficientes de Se en Latinoamérica y los escasos datos acerca de los requerimientos humanos, no son bases suficientes para concluir este elemento entre los patrones de consumo; sin embargo, podría considerarse la conveniencia de una recomendación de velar sobre el aporte de Se en casos de alimentación parenteral (22) y de recién nacidos, recibiendo fórmulas lácteas, porque éstas son frecuentemente deficientes en el elemento discutido (40).

Además los posibles efectos dañinos que producen tanto los niveles de Se muy altos como los muy bajos en los animales domésticos, justifican los esfuerzos en los estudios pertinentes (4, 41). Es importante recordar que regiones de altos y bajos niveles de Se en los suelos pueden coexistir en cualquier país. Por ej. en la China se han detectado zonas extremadamente deficientes en selenio y otras con niveles tóxicos (9). Entre las 40 muestras de ajonjolí cosechadas en diferentes regiones de Venezuela habían semillas con sólo 0,2 ppm de Se y otras de 48 ppm. (27).

Es evidente que solo una investigación extensiva puede aportar información verídica sobre la existencia de zonas bajas y altas de selenio en un país y aportar datos acerca de la ingesta humana y animal de este elemento, cuya importancia nutricional está muy reconocida.

### REFERENCIAS

1. Stadtman, TC. Selenium Biochemistry. *Annu Rev Biochem.* 59: 111-127. 1990.
2. Levander OA, Alfthan G, Arvilomi H, Gref CG y Huttunen JK. Bioavailability of selenium to Finish men as assessed by platelet glutathione peroxidase activity and other blood parameters. *Am J Clin Nutr* 37: 887-897, 1983.
3. Mannan S y Picciano MF. Influence of maternal status on human milk selenium concentration and glutathione peroxidase activity. *Am J Clin Nutr* 46: 95-100, 1987
4. Rosenfeld I y Beath OA. Selenium, Geobothany, Biochemistry, Toxicity and Nutrition. Academic Press, New York y Londres, 1964.
5. Magos L y Weble, M. The interaction of selenium with cadmium and mercury. *CRC Crit Rev Toxicol* 8: 1-42, 1980.
6. Koller, LD y Exon, JH. The two faces of selenium-deficiency and toxicity are similar in animals and man. *Canadian J Vet. Res* 50: 297-306, 1986.
7. Torre HW, Dokkom W, Schafsma G, Wedel M. y Ockhuisen T. Effect of various levels of selenium in wheat and meat on blood Se status indices and on Se balance in Dutch men. *Brit J Nutr* 65, 69: 80, 1991.
8. Laws, JE, Latshaw, JD y Biggert M. Selenium bioavailability in foods and feeds. *Nutr Rep Int* 33: 13-24, 1987.
9. Combs GF y Combs S. The Role of Selenium in Nutrition, Academic Press, New York, 1986.
10. Jaffé WG y Mondragón MC. Effects of organic selenium in adapted and non adapted rats. *Brit. J Nutr* 33: 387-397, 1975.
11. Luo X, Wei C, Yang C, Qiao, Y Feng, J Liu, O Wu, Y Liu, Bi Stoacker, JE Spallholz and SP Yang: Selenium intake and metabolic balance of 10 men from a low selenium area of China. *Am J Clin* 42: 31-37, 1985.
12. Levander OA y Morris VC. What can balance-studies tell us about human requirements. In *Trace Elements in Human Nutr Tema 5, Poc Int. Symp.* 498-502, 1985.
13. Mondragón MC, y Jaffé WG. Consumo de selenio en la ciudad de Caracas en comparación con otras ciudades del mundo. *Arch Latinoam Nutr* 26: 341-352, 1976.
14. Bratter P, Negretti VE, Rosick K, Méndez H, Tovar G y Jaffé WG. Spurenelementgehalt der Muttermilch bei hoher Selen Aufnahme durch die Nahrung. *Fifth International Symposium on Iodine and other Trace Elements.* Karl Marx Univers. Leipzig 1-6, 1986.
15. Kumpulainen J, Uvor E, Kuitunen P, Makinen S Y Nara R. Longitudinal study on the dietary selenium intake of exclusively breast-fed infants and their mothers in Finland. *Int J Vit Nutr Res* 53, 420-26.
16. Akesson B, Rune W, y Lenart J. Selenium content of human milk and its relation to other nutrients, in: *Composition and Physiol. Properties of Human Milk*, J. Schraub ed. Elsevier, Amsterdam, 1985. p. 87-91.
17. Levander OA. Progress in establishing human trace element requirement. *Clin Med J* 92 471-476, 1986.
18. Committee on Dietary Allowances, Food and Nutrition Board, National Research Council, *Recommended Dietary Allowances*, 10th ed., Washington D.C., 1989.
19. Ge K, Bai J y Wang S. Keshan Disease and endemic cardiomyopathy in China. *Virchow Arch.* 401: 1-12, 1983.

20. Virtamo J, Valkeila E, Alftam G, Punsar S, Huttunen JK, Harvonen MI Serum selenium and risk of cancer *Cáncer* 60: 145-148, 1987.
21. Jp C. Selenium inhibition of chemical carcinogenesis, *Fed Proc* 44, 2573-78, 1985.
22. Levander, OA. The importance of selenium in total parenteral nutrition *Bull N.Y. Acad Med.* 60, 144-155, 1984.
23. Levander OA. A global view of human selenium nutrition *Ann Rev Nutr* 7, 227-250, 1987.
24. Golden MHN y Randath D. Free radicals in the pathogenesis of Kwashiorkor *Proc 13th Int Congr Nutr* 597-98, 1987
25. WHO Environmental Health Criteria 58: Selenium Ginebra 1987.
26. Burk RF, Pearson WN, Wood RP y Vitery F. Low selenium levels and in vitro red blood cell uptake of  $^{75}\text{Se}$  in Kwashiorkor *Amer J Clin Nutr* 20, 723-26.
27. Jaffé WG, Chávez JF y Mondragón MC. Contenido de selenio en muestras de ajonjolí (*Sesamum indicum*) procedente de varios países. *Arch Latinoam. Nutr* 19, 299-305, 1969
28. Benavides ST y Mojica RFS. Ocurrencia de selenio en rocas, suelo y plantas, intoxicación por selenio en animales y humanos. *Inst Geograf Columb IT*, 3, 1959.
29. Ancizar- Sordo J, Ocurrence of selenium in soils and plants of Columbia. *South America Soil Sci.* 63: 437-45, 1947
30. Kerdal Vegas F, The depilatory an cytotoxic action of "coco de mono" (*Lecythis ollaria*) and its relation to chronic seleniosis. *Econ Bot* 20: 187-195, 1966.
31. Chávez JF. Estudio sobre la toxicidad de una muestra de nuez de Brasil con alto contenido de selenio. *Bol Soc Quim Perú*: 2: 195-198, 1966.
32. Robbereicht HJ y Deelstra HA Selenium in human urine, determination, specification and concentration levels, *Talanta* 31, 497-508, 1983.
33. Mondragón MC y Jaffé WG. Selenio en alimentos y en orinas de escolares de diferentes zonas de Venezuela. *Arch Latinoamer Nutr* 31, 185-195, 1971.
34. Byers, HG. Selenium in Mexico. *Ind Eng News* 29, 200, 1937.
35. Valdes JL, Mc Dowell L-R y Wilkinnton N. Lasalocid for gracing steers administered in a free-choice mineral mix. *Nutr Rep Int* 38, 1-8, 1988.
36. Jaffé WG, Ruphael MD, Mondragón MC y Cuevas, MA. estudios clínicos y bioquímicos en escolares de una zona selenifera de Venezuela. *Arch Latinoamer Nutr* 22, 595-561, 1971.
37. Selenium intake, age, gender, and smoking in relation to induces of selenium status of adults residing in a seleniferous area. Swanson, C.A. Longnecker MP, Veillon C, Howe, S.M, Levander OA, Taylor PR, McAdam, PA Brown, CC, Stampfer MJ, Willet WC 1990 *Am J Clin Nutr* 52: 858-62.
38. Bratter P, Negretti VE, Jaffé WG, Méndez H On the monitoring of the selenium status in humans. *Sixth Int Sym Trace Elements Jena* 1-8, 1989.
39. Sheeman TMI y Gue M. Simplified fluometric assay of total Selenium in plasma and urine. *Clin Chem* 36: 21, 24-26, 1990.
40. Picciano MF, Trace Elements in human milk and infant formulas in: R.K. Chandra ed. "Trace Elements in nutrition of children", Nestlé Nutrition. Ravens Press, New York, 1985.
41. Nevé J, Henry M, Pevetz A y Mareschi, JP, L'importance nutritionelle du selenium. *Cah Nutr Diet* 22, 145-162, 1987.

## Considerações sobre a biodisponibilidade do ferro dos alimentos

*Maria de Lourdes Pires Bianchi<sup>1</sup>, Hugo Candido Silva<sup>2</sup>, José Eduardo Dutra de Oliveira<sup>3</sup>*

Universidade de São Paulo  
Ribeirão Preto, Brasil

**RESUMO.** Neste artigo se apresenta uma revisão documentada com mais de 60 referências sobre o tema da disponibilidade do ferro. O trabalho oferece uma seção dedicada à terminologia empregada, enfatizando a conveniência do termo "biodisponibilidade ou disponibilidade biológica de nutrientes" que têm criado certa discrepância. Depois estuda os factores extrínsecos ou fisiológicos e os factores intrínsecos ou dietéticos que afetam a disponibilidade do ferro. A continuação se apresenta uma discussão sobre a biodisponibilidade do ferro dos alimentos de origen animal e vegetal, dos alimentos fortificados com sais de ferro e dos alimentos com ferro provenientes de contaminação. O artigo refere como pesquisadores compararam métodos "in vitro" e "in vivo" para determinar a biodisponibilidade do ferro, concluindo que ambos os métodos devem ser associados. Para

finalizar explica que apesar das mudanças ocorridas em diversos âmbitos, novas questões surgem sobre a importância do ferro dos alimentos na solução do problema da deficiência desse mineral.

**RESUMEN.** Consideraciones sobre la biodisponibilidad del hierro de los alimentos. Se presenta una revisión documentada con mas de 60 referencias sobre el tema. El trabajo ofrece una sección dedicada a la terminologia empleada continuando con un estudio sobre los factores intrínsecos o fisiológicos y extrínsecos o dietéticos que afectan la disponibilidad del hierro. Finalmente se presenta una discusión sobre la biodisponibilidad del hierro de los alimentos de origen animal, vegetal, de los alimentos fortificados y se comenta el hierro como contaminante.

A anemia ferropriva é um dos mais importantes problemas nutricionais, tanto nos países desenvolvidos, como nos países em desenvolvimento (1) (2) (3). Os alimentos naturalmente ricos em ferro e os enriquecidos com esse mineral são, sem dúvida, importantes elementos na prevenção da anemia ferropriva.

O conteúdo total do ferro num alimento ou dieta, nao indica a quantidade que será biodisponível. Isto porque tanto a absorção como a sua utilização são influenciados por vários factores. E' importante, portanto, fazer-se a

distinção entre a quantidade total de ferro e a quantidade biodisponível, quando se calcula o valor nutricional dos alimentos (4).

### DEFINIÇÃO DE TERMOS

O termo disponibilidade biológica ou biodisponibilidade tem sido extensivamente usado na área de alimentos, nutrição. Sua origem conceitual entretanto, foi no campo da farmacologia experimental especificamente em relação a drogas.

Existem muitas discrepâncias na literatura relacionadas à definição do termo biodisponibilidade ou disponibilidade biológica de nutrientes e isto tem gerado confusão.

Alguns pesquisadores consideram biodisponibilidade igual absorção verdadeira. Absorção verdadeira é a proporção de um nutriente no alimento o qual é transportado do lumen intestinal. através da célula da mucosa para o

1 Professor Doutor da Faculdade de Ciências Farmaceuticas de Ribeirao Preto Departamento de Análises Clínicas~ Toxicologicas e Bromatológicas Disciplina de Bromatologia Ribeirao Preto, Sao Paulo Brasil.

2 Professor Associado do mesmo Departamento.

3 Professor Titular da Faculdade de Medicina de Ribeirao Preto Departamento de Clinica Medica Ribeirao Preto Sao Paulo Brasil. Presidente da Uniao Internacional de Nutricao.

corpo. Para conhecer a absorção verdadeira, a excreção fecal do nutriente precisa ser corrigida pela perda endógena que ocorre nas secreções descamações das células intestinais. A absorção aparente é a diferença entre o conteúdo do nutriente no alimento ingerido e nas fezes excretadas, sem fazer a correção da perda endógena (6).

Biodisponibilidade de uma forma mais ampla tem sido definida: é a medida do uso em potencial de um mineral, nutriente ou droga, por um organismo (7); é a proporção de um nutriente do alimento o qual é absorvido e utilizado. Por utilização entende o processo de transporte, assimilação celular e conversão em forma (s) biologicamente ativas. Assim o conceito de biodisponibilidade é mais abrangente do que absorção "per se" (6).

O termo biodisponibilidade relacionado a ferro é a medida daquela fração do ferro alimentar capaz de ser absorvida pelo trato gastrointestinal e subsequente armazenada e incorporada ao heme (8).

Está claro que para garantir uma alimentação adequada em ferro, é necessário conhecer não somente a quantidade deste mineral mas também a sua biodisponibilidade.

E' interessante que, embora tenha sido mostrado conclusivamente que a anemia ferropriva continua sendo um dos maiores problemas de saúde pública, paradoxalmente, a média de ferro total presente na dieta esteja em diversos lugares acima das quantidades diárias necessárias para suprir o seu uso metabólico normal. Isto é atribuído à baixa biodisponibilidade do ferro nos alimentos, ou seja, a quantidade de ferro realmente absorvida pelo trato gastrointestinal e subsequente armazenada ou incorporada à hemoglobina, não está sendo satisfatória (9).

#### FATORES QUE AFETAM A BIODISPONIBILIDADE

A biodisponibilidade do ferro é influenciada por fatores intrínsecos ou fisiológicos bem como por fatores extrínsecos ou dietéticos como mostra a Tabela 1.

A biodisponibilidade do ferro muda de acordo com certos estados fisiológicos, como por exemplo, o crescimento e a gravidez. Sabe-se que as maiores necessidades do organismo durante estes estados freqüentemente levam a um aumento da absorção de ferro (10) (11).

Otros fatores como, o estado nutricional, são importantes nos estudos relacionados ao ferro. Indivíduos anêmicos absorvem duas a três vezes mais do que indivíduos normais (12).

Doenças que causam aumento ou diminuição das secreções gástricas e intestinais, o aumento da motilidade do trato gastrointestinal, as hemorragias crônicas e outros fatores também afetam a absorção do ferro, variando de intensidade em cada caso (13) (14).

A forma do ferro alimentar pode afetar sua

disponibilidade. Baseando-se no mecanismo de absorção, existem duas formas de ferro; a forma heme e a forma não heme. O ferro heme é ligado ao anel protoporfirina das hemoproteínas. Ele é predominantemente encontrado em alimentos de origem animal sob a forma de hemoglobina e mioglobina correspondendo em média cerca de 40% do ferro não heme dos alimentos de origem animal, é encontrado em componentes como ferritina e hemossiderina do fígado, lactoferrina do leite da vaca, fosvitina da clara do ovo, entre outros (15). No peixe esse ferro é ligado organicamente, formando um complexo nucleoproteína, ferro e cobre. com o ferro no estado férrico (6).

Nos alimentos vegetais, são poucas as informações a respeito da forma do ferro não heme. O fitato monoférrico é a principal forma do ferro no trigo (17) A forma de fitoferritina é encontrada em sementes de ervilhas e lentilhas (18).

TABELA 1  
FATORES QUE AFETAM A BIODISPONIBILIDADE DO FERRO

Corpo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estado fisiológico</li> <li>- Estado nutricional</li> <li>- Estado patológico</li> </ul>
Secreções	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suco gástrico</li> <li>- Secreções pancreáticas</li> <li>- Bile</li> </ul>
Fatores Químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma química: heme e não heme</li> <li>- Estado de oxidação</li> <li>- Solubiidade</li> <li>- pH</li> <li>- Capacidade de complexação</li> </ul>
Fatores Dietéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Constituintes da dieta</li> <li>Facilitadores                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- A'cido Ascórbico</li> <li>- Tecido Animal</li> <li>- Frutose</li> </ul> </li> <li>Inibidores                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxalatos</li> <li>- Fibra</li> <li>- Filatos</li> <li>- Taninos</li> <li>- Outros</li> </ul> </li> </ul>

Uma das explicações para a alta biodisponibilidade do ferro heme em relação ao não heme é que eles são absorvidos por caminhos independentes na mucosa intestinal (19). O “ferro heme” é solúvel nas condições do intestino delgado, sendo facilmente absorvido pela mucosa intestinal sob a forma ferro-porfirina intacta; dentro da célula da mucosa, o ferro é liberado pela ação da enzima heme-oxigenase seguindo, a partir daí, os mesmos caminhos do ferro não-heme. Por causa deste mecanismo absorptivo único e sua solubilidade elevada no pH intestinal, o ferro heme não é afetado por fatores químicos ou alimentares que podem alterar a disponibilidade do ferro não heme.

A absorção do ferro heme é alta, cerca de 15% no indivíduo normal e 35% naqueles com baixa reserva de ferro. A absorção do ferro não heme é usualmente menor (cerca de 1 a 5%) e varia substancialmente em função da presença de fatores químicos e de fatores alimentícios (20).

Para ser absorvido, o ferro precisa atingir a parte superior do intestino delgado na forma solúvel. Depois de liberado do alimento e do envolvimento de vários fatores intra-lúmem, o ferro é então disponível para absorção pela superfície absorptiva do trato gastrointestinal. O ferro não heme pode ser absorvido tanto ligado com a proteína transferrina na mucosa ou pode atravessar a membrana por difusão (19).

Em relação aos fatores químicos (estado de oxidação, solubilidade e pH) que afetam a biodisponibilidade do ferro não heme, sabe-se que o estado de oxidação do ferro varia dependendo do ambiente químico. Na água e nos alimentos, temos os estados de oxidação ( $\text{Fe}^{+2}$ ) e ( $\text{Fe}^{+3}$ ) que são os mais estáveis nestes meios. No meio aquoso, as formas férrica e ferrosa ocorrem no estado livre. Na presença de oxigênio, a forma ferrosa é transformada na forma férrica. A maior solubilidade dos sais ferrosos sobre os sais férricos é, em parte, responsável pela maior biodisponibilidade dos ions ferrosos no trato gastrointestinal.

No meio ácido, os ions ferrosos e férricos não ocorrem em estado livre, são hidratados respectivamente para  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{+2}$  e  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$ . Com o aumento do pH as moléculas de água doam prótons para formar os hidróxidos insolúveis de ferro correspondentes. O  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{+3}$  forma  $\text{Fe}(\text{OH})^3$  e 6  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{+2}$  forma  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . No pH = 1 do estômago, o ferrô é solúvel e está na forma hidratada. No pH neutro igual a 7, o ion ferroso se transforma no  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  (gel verde pálido) e o ion férrico se transforma em  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (pó marrom escuro) (21).

A formação destes hidróxidos de ferro insolúveis com o aumento do pH tem significado biológico, pois a solubilidade é pré-requisito para sua absorção pelo intestino. Ions férricos no meio alcalino intestinal, precipitam irreversivelmente e as macromoléculas resultantes de hidróxido férrico são muito grandes para serem absorvidas.

A precipitação do ferro formando complexos insolúveis em pH alcalino pode ser inibido por agentes complexantes ou quelantes que formam complexos solúveis. A maior absorção dos sais ferrosos sobre os férricos procede da hipótese que somente sais ferrosos poderiam ser absorvidos e que os sais férricos deveriam primeiramente serem reduzidos a sais ferrosos para terem algum valor nutricional. Esta suposição tem sido questionada, pois, existem evidências de que a baixa absorção de sais férricos pode ser aumentada se forem complexados com quelantes solúveis de baixo peso molecular como a frutose (21).

Se uma fonte de ferro é adicionada a um alimento e depois ingerido as características de solubilidade ficarão em função de sua reatividade com o ambiente químico do alimento, bem como sua interação com inibidores ou facilitadores os quais podem estar presentes. Não existem dúvidas a respeito da relação entre solubilidade do ferro e absorção. Entretanto cuidado deve ser tomado para não definir-se simplesmente solubilidade de uma fonte de ferro, adicionada a um alimento, como uma medida da disponibilidade (22).

A biodisponibilidade do ferro não heme, de um modo geral, depende também da proporção relativa dos constituintes da alimentação que facilitam ou inibem a absorção do ferro no trato gastrointestinal. O efeito exato e o mecanismo de ação de algum desses fatores são ainda controversos.

Dois fatores de maior significado nutricional têm mostrado consistentemente aumentar a biodisponibilidade do ferro: o ácido ascórbico e a carne ou tecido animal. A ação do ácido ascórbico sobre a absorção do ferro não heme tem sido bem demonstrada em diversos estudos (23)(24)(25)(26).

O ácido ascórbico como um agente redutor, mantém o ferro dos alimentos no estado ferroso que é mais solúvel, também forma um quelato ferro-ascorbato que permanece solúvel a despeito do aumento do pH no intestino delgado proximal (27). O ferro da alimentação que contém frutas e vegetais, que são ricos em ácido ascórbico, normalmente, é altamente disponível. A absorção de ferro aumenta de 3,7% a 10,4% em refeições com pão, ovo e chá depois da adição de 40-50mg de ácido ascórbico (29).

Pessoas com baixas reservas de ferro e ingestão diária de ácido ascórbico menor que 25mg, e carne, aves e peixe menor que 30g, a biodisponibilidade do ferro é baixa, cerca de 5%. No entanto, se mais que 75mg de ácido ascórbico ou mais que 90g de carne, ave ou peixe estão presentes no alimento a biodisponibilidade torna-se alta, em torno de 20%. Portanto, o ácido ascórbico, e os tecidos animais são componentes importantes da alimentação. As carnes não somente por contribuírem com o ferro heme, altamente biodisponível, mas também, porque aumentam de 2 a 4 vezes a absorção do ferro não heme (30).

A importância da proteína animal na absorção do ferro reconhecida pela Organização Mundial da Saúde quando discute as recomendações diárias da ingestão do ferro (31) (32). Para a mulher adulta, quando menos do que 10% das calorias são derivadas de proteína de origem animal, é recomendada a ingestão de 28 mg de ferro por dia e, somente 14 mg por dia, quando mais do que 25% das calorias são fornecidas por proteínas de origem animal. Estas recomendações são deduzidas partindo-se do princípio que todas as proteínas de origem animal são equivalentes em seus efeitos intensificadores sobre a absorção do ferro. Sabemos entretanto, que essa afirmação não é verdadeira. Foram realizados estudos para comparar os efeitos sobre a absorção do ferro de diferentes proteínas. A biodisponibilidade do ferro de tecidos de animais como o porco, o cordeiro, as aves e os peixes, são semelhantes a de carne de vaca. Em contraste, quando outros produtos, como ovos, leite e queijo foram utilizados, não se observou aumento na absorção do ferro (30).

O mecanismo exato pelo qual os tecidos animais facilitam a absorção do ferro é ainda desconhecido, mas tem sido sugerido que aminoácidos ou polipeptídeos provenientes da digestão proteica podem propiciar a formação de quelatos solúveis com o ferro não heme facilitando a absorção. Os aminoácidos histidina, lisina e cisteína, aumentam a absorção da espécie férrica, pois formam quelatos tridentados solúveis. Outros pesquisadores têm também afirmado que a carne auxilia a absorção do ferro por neutralização de certos fatores, no lúmen intestinal, que poderiam interferir na liberação do ferro do alimento ou no seu transporte para a superfície da mucosa da célula (33) (34).

Por outro lado, alguns componentes dos alimentos inibem ou diminuem a absorção do ferro porque formam precipitados, quelatos insolúveis ou macromoléculas de baixa biodisponibilidade.

O efeito dos oxalatos, considerados como potentes inibidores da absorção do ferro (35), têm sido controverso. Alguns pesquisadores mostraram que eles tem efeito neutro (25) outros observaram que eles têm efeito positivo sobre a absorção do ferro (36), tanto em humanos, como em ratos. A fibra e seus componentes têm mostrado vários efeitos sobre biodisponibilidade do ferro. Os componentes da fibra do trigo e milho se ligam ao ferro, "in vitro" (37). Entretanto, a adição da fibra do farelo do trigo ao pão de conteúdo em fitato similar, não teve efeito sobre a absorção do ferro no rato (38). Enquanto a lignina e hemicelulose inibiram a absorção do ferro em humanos, a pectina e celulose mostraram efeito oposto (39).

O efeito inibitório do fitato sobre a absorção do ferro tem sido questionado, baseando-se na grande variedade de resultados. O fitato monoférrico forma sobre a qual cerca de 60% do ferro é encontrado no trigo, foi encontrado ser solúvel e prontamente biodisponível (17).

O tanino presente no chá e café é um inquestionável inibidor da absorção do ferro (25). Este efeito ficou claro quando estudos demonstraram o efeito do chá sobre o ferro absorvido de diferentes alimentos (40)(41)(42). O tanato do chá mostrou formar complexo insolúvel (43). O café, que também contém tanino, inibe significativamente a absorção do ferro. Encontraram que uma xícara de café reduz a absorção de uma refeição a base de hamburger cerca de 33% e uma xícara de chá cerca de 64% (44).

Os minerais traços e sua relação com as proteínas de produtos vegetais, especialmente em relação à soja e seus produtos industrializados, têm sido, por muitos anos, uma área controversa (5). Essas proteínas vegetais, estão sendo cada vez mais usadas, pelas suas propriedades funcionais, seu valor nutricional e seu preço competitivo.

A soja, por ser rica em proteína e conter um alto teor de ferro (9-13 mg/100g), de elevada biodisponibilidade tem sido sugerido o seu uso nos programas orientados para prevenção da deficiência de ferro (45). A elevada biodisponibilidade do ferro quer na soja, quer nos produtos industrializados, tem sido demonstrada em estudos realizados em ratos (46)(47) e em estudos humanos (25)(30). O papel da proteína da soja na biodisponibilidade do ferro vem sendo motivo de grande interesse porque, alguns estudos demonstraram efeitos inibitórios, sobre a absorção de ferro dos produtos de soja, quando usados em combinação com carne (48)(49)(50). Outros autores relataram no entanto, não haver encontrado efeito inibitório da soja sobre a absorção do ferro e discutem que esse efeito ocorre apenas quando grande parte da fonte proteica de origem animal é substituída por soja. Nesta substituição há redução do montante total de ferro da refeição e obviamente menor quantidade de ferro será absorvida. Não foi encontrado efeito inibitório sobre a disponibilidade do ferro, alimentando humanos com quantidades moderadas de produto de soja, diariamente, por seis meses (51) (52).

## BIODISPONIBILIDADE DO FERRO DOS ALIMENTOS

Conhecendo todos estes fatores que afetam a absorção do ferro, podemos prever, a grosso modo, se a biodisponibilidade do ferro de certos alimentos será alta, moderada ou baixa (Tabela 2).

A alimentação de um modo geral, contém ferro de quatro origens diferentes: origem animal, origem vegetal, alimentos fortificados com sais de ferro e alimentos com ferro proveniente de contaminação (34). Em geral, o ferro dos alimentos de origem animal, com poucas exceções, é melhor absorvido do que os de origem vegetal (28). Isto é primariamente devido à presença do ferro sob a forma química heme, encontrado na maioria das carnes (vaca, boi, peixe e aves). Todavia, são os alimentos de origem vegetal que contribuem com cerca de 90% do ferro ingerido nos países desenvolvidos e até 100% nos países em

TABELA 2  
ORIGEM, FORMA QUÍMICA E BIODISPONIBILIDADE DO FERRO ALIMENTAR

Origem	Forma Química	Biodisponibilidade	Exemplos
Alimentos de origem animal	heme	alta	hemoglobina, mioglobina tecidos musculares, fígado, peixe ovo, ferritina purificada
	não heme	alta baixa	
Alimentos de origem vegetal	não heme	moderada baixa	trigo, milho, feijão, soja arroz, espinafre
Alimentos fortificados	não heme	alta moderada baixa	sais ferrosos (sulfato, fumarato) ortofosfato férrico pirofosfato de ferro sódico
Ferro contaminante	não heme	alta	cerveja fermentada em tanques de ferro hidróxido férrico, óxido férrico
		baixa	

(Morck & Cook, 1981)

desenvolvimento. Os alimentos de origem animal são caros e, portanto, não acessíveis a maioria da população, representando apenas 5 a 10% do ferro total de uma alimentação especialmente entre as populações pobres (53).

Comparando a absorção do ferro de vários alimentos vegetais em pessoas normais e deficientes, a variação foi de 1% no arroz e espinafre para 6% na soja, com valores intermediários de 3% no milho e feijão preto, 4% no alface e 5% no trigo. A absorção média do ferro nos alimentos de origem animal variou de 7% na ferritina purificada, para 22% na carne do músculo de vitela, com valores de 11% no peixe, 12% na hemoglobina e 13% no fígado. A elevada biodisponibilidade do ferro na soja foi inicialmente surpresa para os pesquisadores, uma vez que, os alimentos de origem vegetal, são considerados como tendo restrita biodisponibilidade em ferro (54).

Como mostra o Quadro 1, os alimentos fortificados com ferro não heme, dependendo do sal utilizado, podem apresentar alta, moderada ou baixa biodisponibilidade. Dependendo do tipo de processamento usado, depois da fortificação do alimento com o ferro, a biodisponibilidade pode ser também drasticamente alterada. Supunha-se, até a década passada, que o ferro dos alimentos fosse representado por fração de nutriente inerte e não interativo. Todavia, há uma considerável soma de dados indicando que isso parece não ser verdade (21). Quando o alimento processado novos compostos podem ser formados, o ambiente do alimento pode ser mudado e novos fatores externos podem ser introduzidos. Essas alterações podem ter efeitos dramáticos sobre o estado químico do ferro (22).

O conteúdo do "ferro não heme" de um alimento pode ser aumentado pela sua contaminação durante o processamento, armazenamento, preparo dos alimentos, na

colheita, entre outros. Na indústria de alimentos, os contaminantes mais comumente encontrados nas matérias primas e nos produtos acabados são partículas metálicas e predominantemente o ferro. Tal contaminação vem do desgaste da maquinaria, especialmente nas operações de moagem, lâminas gastas, juntas inadequadas e outras (55). O teor de ferro nos alimentos enlatados aumenta durante o seu armazenamento, como resultado da corrosão interna da lata a qual, varia com as características da folha de flandres, com as condições de armazenagem e natureza do produto alimentício (56). O comitê misto FAO/WHO do Codex Alimentarius tem estabelecido níveis de tolerância para o ferro em muitos produtos enlatados.

Durante a preparação dos alimentos, dependendo dos utensílios domésticos usados, como panela de ferro, o teor deste mineral pode aumentar (57)(58) e foi relatado ser este tipo de ferro biodisponível para ratos (59). Também estudos utilizando método "in vitro" demonstraram que o ferro incorporado aos alimentos proveniente do cozimento em utensílios de ferro tem a mesma biodisponibilidade do ferro intrínseco do alimento (60). No entanto, o valor nutricional do ferro contaminante não está ainda suficientemente esclarecido para o homem (12).

Os métodos de medida da biodisponibilidade do ferro nos alimentos "in vivo" (61)(62)(63) ou "in vitro" (64)(65) tem evoluído bastante e isto tem levado a um conhecimento muito maior nessa área. Recentemente pesquisadores (66), compararam métodos "in vitro" e "in vivo" para a determinação da biodisponibilidade do ferro. Recomendaram o uso do método "in vitro" associado ao "in vivo". Entretanto, a despeito da maior disponibilidade de informações, da variedade de técnicas analíticas sofisticadas, das mudanças nos hábitos alimentares, das

variações nas situações econômicas em diferentes partes do mundo, das mudanças nas práticas agrícolas, das diferentes condições de processamento, questões novas e não respondidas têm aparecido sobre a importância do ferro dos alimentos na solução do problema da deficiência desse mineral.

#### REFERÊNCIAS

- 1 Araujo, RL; Araujo, MBDG; Machado, RDP; Braga, AA.; Leite, BV & Oliveira, JR.. Evaluation of a program to overcome vitamin A and iron deficiencies in areas of poverty in Minas Gerais, Brasil. *Arch Latinoam Nutr*, 35: 9-22, 1987.
- 2 Roncada, MJ & Szarfarc, SC. Hipovitaminose A e anemia ferropriva em gestante de duas comunidades do Vale do Ribeira (Estado de São Paulo, Brasil). *Rev. Saúde Públ* 9:99 - 106, 1975.
- 3 Szarfarc, SC. Anemia ferropriva em populações da região sul do Estado de São Paulo. *Rev. Saúde Públ*. 6:125-133, 1972.
- 4 Young, NR & Janghorbani, M. Soy proteins in human diet in relation to bioavailability of iron and zinc: a brief overview. *Cereal Chem*. 58(1):12-18, 1981.
- 5 Burk, RF & Solomons, NW. Trace elements and vitamins and bioavailability as related to wheat foods. *Am J Clin Nutr* 41:1091-1102, 1985.
- 6 O' Dell, BL. Trace elements in nutrition of children. New York. Raven Press, 1985, p. 41-62.
- 7 Smith, KT. Effects of chemical environment on iron bioavailability measurements. *Food Techn*. 37(10):115-120, 1983.
- 8 Consaul, JR & Lee, K. Extrinsic tagging in iron bioavailability research: a critical review. *J Agric Food Chem* 31:684-689, 1983.
- 9 Cook, JD Absorption of food iron. *Fed. Proc*. 36(7):2028-2032, 1977.
- 10 Apte, SV & Ivenguar, I. Absorption of dietary iron in pregnancy. *Am J Clin Nutr* 23:73-77, 1970.
- 11 Loh, TT & Kaldor, I. Intestinal iron absorption in suckling rats. *Biol Neonate* 17:173-186, 1971.
- 12 Monsen, ER.; Hallberg, L; Larisse, M; Hegsted, M; Cook, JD; Mertz, W. & Finch, C.A. Estimation of available dietary iron. *Am J Clin Nutr* 31:134, 1978.
- 13 Bezwoda, W; Charlton, R; Bothwell, T; Torrance, J. Mayet, F. The importance of gastric hydrochloride acid in the absorption of non-haem food iron. *J. Lab Clin Med* 92:108-116, 1978.
- 14 Cook, JD; Brown, MG & Valberg, LS. The effect of achylia gastrica on iron absorption. *J Clin Invest* 51:805-815, 1964.
- 15 Greengard, O; Sentenac, A & Mendelson, N. Phosphitin, the iron carrier of egg yolk. *Biochim. Biophys. Acta* 90:406-407, 1964.
- 16 Saha, K & Guha, BC Available iron in fish. *Indian J Med Res* 27:877-881, 1940.
- 17 Morris, ER & Ellis, R. Isolation of monoferric phytate from wheat bran and its biological value as an iron source to the rat. *J. Nutr* 106:753-760, 1976.
- 18 Ponce-Ortiz, Y & Crichton, RR.. Isolation and characterization of plant ferritins. *Biochem Soc Trans* 5:1128-1129, 1977.
- 19 Finch, CA & Cook, JD Iron deficiency. *Am J. Clin Nutr* 39:471-477, 1984.
- 20 Cook, JD. Determinants of non-heme iron absorption in man. *Food Techn*. 37(10):124-126, 1983.
- 21 Lee, K & Clydesdale, FM. Iron sources used in food fortification and their changes due to food processing. *C.R.C. Crit Rev Food Sci Nutr* 11(2):117-153, 1979.
- 22 Clydesdale, FM. Physicochemical determinants of iron bioavailability. *Food Tech* 37(10):133-144, 1983.
- 23 Cook, JD & Monsen, E.R. Vitamin C, the common cold and iron absorption. *Am. J. Clin Nutr*. 30:235-241, 1977.
- 24 Hallberg, L. The pool concept in food iron absorption and some of its implications. *Proc Nutr Soc* 33:285-291, 1974.
- 25 Hallberg, L. Bioavailability of dietary iron in man. *Ann Rev Nutr* 1:123-147, 1981.
- 26 Kuhn, IN; Layrisse, M; Roche, M; Martinez, C. & Walker, R.B. Observations on the mechanism of iron absorption. *Am J Clin Nutr* 21:1184-1193, 1968.
- 27 Conrad, M.E. & Schade, S.G. Ascorbic acid chelate iron absorption. A role for hydrochloric acid in bile. *Gastroenterology* 55:35-45, 1968.
- 28 Layrisse, M; Martinez-Torrez, C. & Gonzalez, M. Measurement of the total dietary iron absorption by the extrinsic tag model. *Am. J. Clin Nutr* 27:152-162, 1974.
- 29 Callender, S.T. & Marney, S.R. & Warner, G.T, Eggs and iron absorption. *Br. J. Haematol*. 19:657-665, 1970.
- 30 Cook, J.D. & Monsen, ER. Food iron absorption in human subjects 3. Comparison of the effect of animal proteins on nonhaem iron absorption. *Am. J. Clin. Nutr* 29:859-867, 1976.
- 31 Nutritional Anemias. Report of a WHO Group of Experts. *WHO Techn. Rept. Ser.* 452, 1972.
- 32 Requirements of ascorbic acid, vitamin D, vitamin B, folate and iron. Report of a joint FAO-WHO. Expert Group. *WHO Techn. Rept. Ser.* 452, 1972.
- 33 Conley, MC & Hathcock, JN. Effects of dietary protein and amino acids on iron utilization by iron depleted rats. *J. Nutr*. 108:475-478, 1978.
- 34 Morck, T.A. & Cook, J.D. Factors affecting the bioavailability of dietary iron. *Cereal Foods World* 26(12):667-672, 1981.
- 35 Forth, W & Rummel, W. Iron absorption. *Physiol Rev* 53:724-792, 1973.
- 36 Gordon, D.T. & Chao, L.S. Relationship of components in wheat bran and spinach to iron bioavailability in the anaemic rat. *J Nutr* 114:526-535, 1984.
- 37 Reinhold, JG; Garcia, L.J.S. & Garzon, P. Binding of fibre of wheat and maize. *Am. J. Clin. Nutr* 34:1384-1391, 1981.
- 38 Fairweather-Tait, S.J. The effect of different levels of wheat bran on iron absorption in rats from bread containing similar amounts of phytate. *Br J. Nutr*. 47:243-249, 1982.
- 39 Gillooly, M; Bothwell, T.H. Charlton, R.W. Torrance, J.D. Bezwoda, W.R. MacPhail, A.P. & Derman, D.P. Factors affecting the absorption of iron from cereals. *Br. J. Nutr*. 51:37-46, 1984.

- 40 Disler, P.B. Lynch, S.R. Chalton, R.W. Torrance, J.D. Bothwell, T.H. Walker, R.B. & Mayet, F. The effect of tea on iron absorption. *Gut*. 16:193-200, 1975a.
- 41 Rao, BS & Prabhavathi, T. Tannin content of foods commonly consumed in India and its influence on ionizable iron. *J. Sci Food Agr*. 33:89-96, 1982.
- 42 Rossander, L; Hallberg, L & Bjorn-Rasmussen, E. Absorption of iron from breakfast meals. *Am. J. Clin. Nutr.* 2:2484-2489, 1979.
- 43 Disler, PB. Lynch, S.R. Torrance, J.D. Sayers, M.H. Bothwell, T.H & Charlton, R.W. The mechanism of the inhibition of iron absorption of tea. *S. Afr. J. Med. Sci.* 40:109-116, 1975b.
- 44 Morck, T.A. Lynch, S.R. & Cook, J.D. Inhibition of food iron absorption by coffee. *Am. J. Clin. Nutr.* 37:416-420, 1983.
- 45 Martinez-Torrez, C & Layrisse, M. Interest for the study of dietary absorption and iron fortification. *World Rev. Nutr. Diet.* 19:51-70, 1974.
- 46 Bianchi, M.L.P. Biodisponibilidade do ferro em produtos industrializados de soja. São Paulo, 1988, 138p. Tese Doutorado Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP.
- 47 Welch, R.M. & Van Campen, D.R. Iron availability of rats from soybeans. *J. Nutr.* 105:253-256, 1975.
- 48 Sayers, M.H. Lynch, S.R. Jacob, S.P. Charlton, R.W. Bothwell, T.H. Walker, R.B. & Mayet, F. The effects of ascorbic acid supplementation on the absorption of iron in maize, wheat and soya. *Br. J. Haematol* 24:209-218, 1973.
- 49 Cook, J.D. Morck, T.A. & Lynch, S.R. The inhibitory effect of soy products on non-haem iron absorption in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 2622-2629, 1981.
- 50 Latunde-Dada, Y. & Neale, R.J. Effect of soybean protein on chicken meat iron absorption. *Proc. Nutr. Soc.* 43(3):131A, 1984.
- 51 Hallberg, L. & Rossander, L. Effect of soy protein on non-haem iron absorption in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 36:514-520, 1982.
- 52 Bodwell, C.E. Effects of soy protein on iron and zinc utilization in humans. *Cereal Foods World* 28(6) 342-348, 1983.
- 53 Hallberg, L. Combatendo a anemia. Receita: Informativo sobre a Nutrição Humana. Edição especial nº 1. Roche, 1981.
- 54 Layrisse, M; Cook, J.D. Martinez, C; Roche, M; Kuhn, I.N; Walker, R.G. & Finch, CA. Food iron absorption: a comparison of vegetable and animal foods. *Blood*. 33(3):430-442, 1969.
- 55 Rosanoff, A; Briggs, G.M & Lumen, B.O Corrosion of iron by ascorbic acid and catalysis of ascorbate oxidation by products of the iron corrosion. *J. Agric Food Chem* 33(5):891-896, 1985.
- 56 Mannheim, C & Passy, N. Internal corrosion and shelf-life of food cans and methods of evaluation *CRC Crit. Rev. Food Sci Nutr.* 17(4):371-407, 1982.
- 57 Brittin, H.C & Nossaman, CE. Iron content of food cooked in iron utensils. *J. Am. Diet. Assoc.* 86:897-901, 1986.
- 58 Burroughs, A.L & Chan, J.J. Iron content of some Mexican American foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 60:123, 1972.
- 59 Martinez, F.E & Vannuchi, H. Bioavailability of iron added to the diet by cooking food in an iron pot. *Nutr. Res.* 6:421-428, 1986.
- 60 Mistry, A.N; Brittin, H.C & Stoecker, B.J. Availability of iron from cooked in an iron utensil determined by an "in vitro" method. *J Food Sci* 53(5):1546-1573, 1988.
- 61 Johnson, CD & Weaver, C.M. Effect of previous diet on iron absorption from an intrinsically labeled soy flour test meal. *Nutr Rep Intern* 28:1129-1135, 1983.
- 62 Weaver, CM; Nelson, N & Elliott, JC. Bioavailability of iron to rats from processed soybean fractions determined by intrinsic and extrinsic labeling techniques. *J Nutr* 114:1042-1048, 1984.
- 64 Jacobs, A & Greenman, D.A. Availability of food iron. *Br. Med J.* 1:673-676, 1969.
- 65 Miller, D.D. Schricker, B.R. Rasmussen, R.R. & Van Campen, D. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. *Am. J. Clin. Nutr.* 34:2248-2256, 1981.
- 66 Narasinga-Rao, BS & Prabhavathi, T. An in vitro method for predicting the bioavailability of iron from foods. *Am. J. Clin. Nutr.* 31:169-175, 1978.
- 67 Forbes, A.L. Adams, C.E. Arnaud, M.J. Chichester, C.D. Cook, J.D; Harrison, BN; Hurrell, R.F; Kahn, S.G. Morris, E.R; Tanner, J.T & Whitaker, P. Comparison of in vitro, animal, and clinical determinations of iron bioavailability: International Nutritional Anemia Consultive Group Task Force report on iron bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* 49:225-238, 1989.

## The output and outcome of two types of formal health structures -health post and creche- for nutritional interventions for preschool children in two urban, low-income communities of Belo Horizonte, Brazil (1986)

*B. Schell<sup>1</sup>, R. Gross<sup>1</sup>, M.A. Coelho Leao<sup>2</sup>, M.C. Bisi Molina<sup>3</sup>, U. Strack<sup>4</sup>, and B. Brunken<sup>4</sup>*

**SUMMARY.** In order to observe the nutritional and health status of pre-school children, the output and outcome of two formal health services -health post and creche- for this vulnerable group in two urban slum areas of Belo Horizonte, Brazil were studied in 1986. A total of 420 children were surveyed, 254 children randomly selected from the communities and 156 from three creches. Growth monitoring was not undertaken systematically, and mothers did not have growth control charts. When a child had diarrhea, mothers preferred to apply home remedies or to buy proprietary drugs rather than to consult medical personnel. 72% of mothers reported using ORT, and 11% suspending feeding completely. After three month of life, 50% of infants were receiving some breast milk. 75% of children were immunized completely. The prevalence of health and nutrition indicators such as anemia (50% vs. 30%), parasitosis (87% vs.70%), and stunting (28% vs. 20%) was worse in the creches than in the communities.

**RESUMEN.** Resultados y rendimiento de dos tipos de estructuras formales de salud, puestos de salud y guarderías que intervienen en la nutrición de niños en edad preescolar en dos comunidades urbanas de bajos ingresos de Belo Horizonte,

**Brazil (1986).** Con el fin de observar las condiciones sanitarias y alimenticias de niños en edad preescolar, se llevó a cabo en 1986 un estudio de los resultados y del rendimiento de dos estructuras formales de salud -puestos de salud y guarderías- dedicadas a este vulnerable grupo social en dos barrios pobres urbanos de Belo Horizonte, Brazil. De un total de 420 niños en observación, 254 fueron seleccionados al azar en las dos comunidades y 156 en tres guarderías. No se realizó ninguna comprobación sistemática del crecimiento de los niños, ni la madres disponían de tablas de control del crecimiento. Cuando los niños tenían diarrea, las madres preferían aplicar remedios caseros o comprar medicamentos a consultar personal médico. El 72% de las madres afirmó que aplicaba una terapia de rehidratación oral y el 11% que suspendía totalmente la alimentación. Después del tercer mes de vida, el 50% de los niños recibía algo de leche materna. El 75% de todos los niños en observación estaba completamente inmunizado. La prevalencia de indicadores de salud y nutrición tales como anemia (50% vs 30%), parasitosis (87% vs 70%), y atrofia ("stunting") (28% vs 20%) fué más grave en las guarderías que en las comunidades.

### INTRODUCTION

It was observed by Mata (1) that apart from particular famine situations due to climatic disturbances or wars, in most developing countries an inadequate nutritional status of the population is due less to a reduced food intake, than to the lack of health infrastructures, such as water supply, sanitation facilities and health services. We feel that this statement might be too general in its present form to be applied to all cases.

1 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit -gtz-, FB 162, P.O.Box 5180 D 6236 Eschborn, Federal Republic of Germany.

2 Secretaria de Saúde da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Rua Tupis, 149 -7 andar, 30190 Belo Horizonte, Brazil

3 Instituto de Nutrição, Centro de Ciências de Saúde, Bloco J, 2. andar, Universidade Federal de Rio de Janeiro, 21941 Rio de Janeiro, Brazil.

4 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit -gtz-, c/o Secretaria de Estado do Trabalho e Ação Social (SETAS), Rua Gentios, 75 - 8. andar, 30380 Belo Horizonte, Brazil.

Seasonal influence (2, 3) and inadequate food distribution (4) are common in numerous African countries and cannot be resolved by improving the health infrastructures alone. Nevertheless the above-mentioned statement applies to most regions of Latin America, and is specially valid for the urban metropolises (5). Although a great deal is committed financially to strengthen health infrastructure in developing countries, little is known about effectiveness as measured in terms of the outcome of health and nutritional status. The objective of this work is to study the output and outcome of two formal health facilities for pre-school children (being the most vulnerable group healthwise). These facilities were the health post and creches (day care centers) in two urban slum areas of a Brazilian city. We assessed how far their standards meet the general recommendations for primary health care of WHO (6) and of the GOBI model described by UNICEF (7).

#### MATERIAL AND METHODS

##### *Survey design*

The state Secretary of Employment and Social Action (SETAS) and the Deutsche Gesellschaft für Technische

Zusammenarbeit -gtz- are carrying out an urbanization project, improving basic infrastructure. In the two conglomerations of Alto de Serra and the combined favelas (shanty towns) Barragem de Santa Lúcia and Vila Rita de Cássia of the urban area of Belo Horizonte. This is the capital of the federal state Minas Gerais, and with 2.4 million inhabitants (1986) it is the third biggest city of Brazil. Both communities are located in the southern center, 4 km apart, and subdivided into several favelas (Shanty towns). Three health posts of the Municipal Secretary of Health and three creches are situated in Serra. Two health posts and three creches are located in Sta. Lúcia/Vila Rita.

The study design is shown in Table 1. The output of the work of the health posts was estimated from the degree of knowledge and utilization of the UNICEF/WHO recommended intervention package within the population: growth control, oral rehydration, breast feeding and immunization (GOBI). In the case of diarrhea treatment, the application of oral rehydration therapy (ORT) was evaluated and also in a wider context, how mothers behaved when children suffered diarrheal diseases. Supplemental feeding programs were not run under the responsibility of the health post and

TABLE 1  
EVALUATION MATRIX OF THE TWO FORMAL HEALTH STRUCTURES-HEALTH POST AND  
CRECHES-STUDIED IN TWO URBAN, LOW INCOME COMMUNITIES OF BELO HORIZONTE, BRAZIL

	Narrative description	Indicators
<i>Health posts:</i>		
Output	Growth control	% of households with % of up-dated growth charts
	Diarrheal control	Habits of diarrheal control
	Breast-feeding	% children breastfed
	Immunization	Prevalence of immunization
Outcome	Health status	Prevalence of dd Prevalence of parasitosis Prevalence of anemia
	Nutritional status	Prevalence of stunting Prevalence of wasting
<i>Creches:</i>		
Outcome	Health status	Prevalence of dd Prevalence of parasitosis Prevalence of anemia
	Nutritional status	Prevalence of stunting Prevalence of wasting

dd: diarrheal diseases.

were therefore not included. Furthermore, it was only during the time of the study, that the Ministry of Health decided to include information about contraceptive methodology in the intervention program of the health services. No decision was made about the provision of contraceptives.

The outcome of the work of the health posts was assessed from the status of health and nutrition randomly selected children from the two communities and in the creches by the status of their children. Anthropometric data and prevalence of anemia and parasitosis served as indicators of the influence of the two health services. Additionally, incidence and duration of diarrhea in randomly selected children of the two favelas were estimated.

*Population studied*

Table 2 shows the sample number of the population surveyed. At the time of the survey approximately 50 thousand inhabitants were living in an area of 108.0 Ha in Serra.

Consisting of the favelas Vila de Nossa Senhora do Conceição, Vila de Santana do Cafezal, Nossa Senhora de Fatima and Marçola. In the second conglomeration of Sta. Lucia/Vila Rita an area of 43.7 ha was occupied by 25 thousand inhabitants. 420 children up to six years of age were surveyed during September and October 1986 from 80 households in Serra, 60 households in Sta. Lucia/Vila Rita, and using of three creches in the two communities. Descriptions of the communities, study population, and surveillance methodology have been published in detail elsewhere(8).

Since only a little information exists about Brazilian mother's methods of controlling diarrheal diseases, a further 50 households from each of the two favelas communities of Rio de Janeiro, Vila Rica and Morro do Urubu, were surveyed for the purpose of comparison.

*Indicators*

The hemoglobin concentration of the children was determined by the hemoglobin cyanide method. Examination of feces was carried out according to the method of Goulart and Costa Leite (9). The questions on diarrhea were developed on the basis of the suggestions of the WHO Diarrheal Disease Control Programme (10). A detailed description of the collection of anthropometric data, hemoglobin, stoolsamples and of the data processing is given by Bisi Molina et al (8). Additional differences between observed indicators of population groups were calculated by the chi-square test. Missing data accounted for less than 2% of the observations for all variables, with the exception of the analysis of parasites and hemoglobin where 24.0% and 10.8% respectively of the observations were missing.

RESULTS

*Growth control*

During the survey, the work of the health-posts was reorganized and the use of charts for growth control was introduced into the formal health system at the municipal level of Belo Horizonte. Up to this time the growth of the infants and preschool children had been only sporadically monitored. No mother had a growth chart at home for recording weight and height.

*Habits of diarrhea control*

The mothers were asked about their attitude towards diarrhea to get an idea of their confidence in the formal health facilities and the use of home remedies.

Intestinal parasites (20.7%) were regarded to be the main cause of diarrheal attacks, followed by hot climate (17.9%), dirty environment (12.9%) and teething (11.4%). Other factors mentioned were unsuitable food, water, cows milk and waste disposal. On the first day of a diarrheal

TABLE 2  
CENSUS POPULATION OF RANDOMLY-SELECTED CHILDREN SURVEYED IN THE COMMUNITY AND IN THE CRECHES IN BELO HORIZONTE, BRAZIL

	Serra	Sta. Lucia/Vila Rita	Total
Census population (106)	50	25	75
Randomly-selected children	153	101	254
Creches surveyed	1	2	3
Children in creches	64	50/42	156
Total of children surveyed	227	193	420

TABLE 3  
 PERCENTAGES OF THE MOTHERS ACCORDING TO THEIR TREATMENT OF PERSISTANT DIARRHEA IN FOUR  
 FAVELAS OF TWO METROPOLISES IN BRAZIL

	Belo Horizonte			Rio de Janeiro		
	Serra	Sta. Lucía/ Vila Rita	Total	Morro Urubu	Vila Rica	Total
	(n=80) %	(n=60) %	(n=140) %	(n=50) %	(n=50) %	(n=100) %
Health professionals	51	35	44	86	88	87
Pharmacy	1	-	1	2	2	2
Home treatment	38	53	44	10	10	10
No treatment	5	10	7	2	-	1
Other treatment	3	2	2	-	-	-
No answer	3	-	1	-	-	-

attack, 57.9% of the households used home remedies to cure the disease, 26.4% sought the assistance of the medical personnel in health post or private doctors and 12.9% of the children received no treatment. With persistence of the diarrhea for longer than one day, the proportion of mothers who treated the infection with home remedies declined considerably. At the same time, attendance at health services increased and the number of mothers who left their children without treatment was also reduced (Table 3). The majority of the mothers (72.1%) said that they were using oral rehydration therapy (ORT) to treat the infection and only 4.3% had never heard of it at all.

Asked about the feeding during diarrhea, 41.4% answered that they gave a special diet to their children, 39.3% continued with the normal diet and 11.4% stopped giving food completely. Table 4 shows the food preferred during acute diarrhea, with comparable data from Rio de Janeiro. Black beans (21.4%), salty meals (17.9%) and cow's milk (12.1%) were regarded as the most important foods to be avoided during diarrhea. Other foods mentioned frequently were papayas, fatty foods, rice and vegetables. 42.2% of the mothers did not specify any food to be avoided during diarrheal disease. The home remedies prepared were mostly teas made from different local trees and plants. 63.6% of the mothers gave some type of home remedy during diarrhea.

A significant relationship between the origin of the mothers and their attendance at the health posts was observed. The mothers who originated from outside Belo Horizonte attended the health posts more frequently and

used significantly less home remedies than those originating from the city itself ( $\text{Chi}^2 = 32.7$ ;  $p = 0.003$ ). The same trend could be seen according to the origin of the fathers. The higher the educational level of the mothers, the less they visited the health posts. The use of home remedies was equal at all education levels, with the exception of the illiterates ( $\text{Chi}^2 = 30.9$ ;  $p = 0.009$ ). Attendance at the health posts also depended significantly on the family income ( $\text{Chi}^2 = 56.0$ ;  $p = 0.00003$ ). The higher the income the more often the health posts were attended and the less home remedies were used.

#### *Breast-feeding pattern*

Figure 1 shows the breastfeeding and dietary supplementation situation in the two communities of Belo Horizonte. About 10% of the children in Serra and 16% in Sta. Lucia/Vila Rita received a dietary supplementation directly after birth. After as soon as three months only every second child was breast-fed, and only about 20% received exclusive breast-feeding. There was no statistically significant difference in the breast-feeding pattern between communities.

#### *Stage of immunization*

According to Table 4, about three-quarters of the children in both communities had received a complete immunization course. In Serra slightly more children were completely immunized, or without any immunization, whereas in Sta. Lucia/Vila Rita there were more cases with incomplete immunization. However, these differences were not statistically significant. Children with parents coming from

TABLE 4  
PERCENTAGES OF FOODS REPORTED BY MOTHERS AS BEING USED FOR FEEDING DURING DIARRHEA (MORE THAN ONE ANSWER WAS POSSIBLE)

	Fluid		Semi-solid		Solid			
	BH	RJ	BH	RJ	BH	RJ		
Thea	70	47	Vegetable soup	11	24	Rice	6	40
Fruit juice	13	4	Banana	9	42	Biscuits	6	4
Lemonade	12	1	Potato, boiled	5	27	Noodles	2	20
Milk	41		Gelatine	4	1			
Rice water	3	15	Apple	3	6			
Water of			Starch pudding	3	6			
boiled			Carrot, boiled	-	14			
black beans	1	7						

BH= Belo Horizonte

RJ= Rfo de Janeiro

TABLE 5  
STAGE OF IMMUNIZATION IN THE TWO COMMUNITIES STUDIED

	Serra		Sta. Lucia/Vila Rita	
	(n)	(%)	(n)	(%)
All immunizations	116	77	73	72
Only BCG	1	1	2	2
Incomplete	27	17	24	24
Without	8	5	1	1
Not known	0	0	1	1
Total	152	100	101	100

outside Belo Horizonte, with higher school education or with higher income, had a greater likelihood of complete immunization ( $P < 0.05$ ).

#### Outcome

#### Health status

About one third of the surveyed children in Serra suffered from anemia ( $Hb < 11$  g/dL), and in Sta. Lucia/Vila Rita around one-quarter were anemic (Table 6). In Serra 14% were classified as being severe cases of anemia ( $Hb < 9.5$  g/dL), and in Sta. Lucia/Vila Rita there were 5 cases. In comparison with the randomly selected children of the two respective communities, the children in the creches showed a much higher prevalence of anemia. In one creche two-

thirds of the children were anemic and one-half of these anemics showed severe signs of anemia.

A similar picture is shown in the case of the point prevalence of parasitosis (Table 7). The feces of about 70% of the children in both communities were infected with parasites, whereas 80-90% of the children in the creches were infected.

The incidence and duration of diarrhea, another health indicator, differed slightly between the two communities (Table 8). Both indicators were higher in Serra (6.6 episodes/child/year and 5.4 days) than in Sta. Lucia/Vila Rita (5.4 episodes/child/year and 4.8 days). No reliable data were available from the three creches.

TABLE 6  
THE PREVALENCE (%) OF ANEMIA IN THE TWO COMMUNITIES  
COMPARED WITH THAT IN CHILDREN FROM THREE CRECHES

	Serra		Sta. Lúcia/Vila Rita		
	Randomly selected children	Creche A	Randomly selected children	Creche B	Creche C
Anaemia (Hb < 11 g/dL)	34	52	23	36	64
Severe anaemia (Hb < 9.5 g/dL)	14	16	5	8	38
Total number of children studied	142	64	82	49	42

TABLE 7  
PREVALENCE OF PARASITOSIS IN CHILDREN OF THE TWO URBAN  
COMMUNITIES, COMPARED WITH THOSE IN THREE CRECHES

	Serra		Sta.Lúcia/Vila Rita		
	Randomly- selected children	Creche A	Randomly selected children	Creche B	Creche C
Parasitosis (%)	69	84	73	90	90
Total children studied (n)	108	62	60	49	40

TABLE 8  
ESTIMATED INCIDENCE (EPISODES/CHILD/YEAR) AND DURATION (DAYS) OF  
DIARRHEAL DISEASES IN CHILDREN OF BOTH COMMUNITIES

	Incidence	Duration
Serra	6,6	5,4
Sta. Lúcia/Vila Rita	5,4	4,8

TABLE 9

POINT PREVALENCE OF MALNUTRITION IN CHILDREN (%) EXPRESSED BY ANTHROPOMETRIC DATA (2-  
 SCORE OF HEIGHT-FOR-AGE AND WEIGHT-FOR-HEIGHT) OF THE TWO SURVEYED URBAN COMMUNITIES,  
 COMPARED WITH THOSE IN THREE CRECHES

	Serra		Sta. Lucía/Vila Rita		
	Randomly- selected children (n=153)	Creche A (n=64)	Randomly- selected children (n=101)	Creche B (n=49)	Creche C (n=42)
<b>HEIGHT - FOR - AGE</b>					
Moderately stunted (< -1)	29	64	26	73	62
Severely stunted (< -2)	22	25	17	31	29
<b>WEIGHT - FOR - HEIGHT</b>					
Moderately wasted (< - 1)	19	12	17	18	12
Severely wasted (< - 2)	5	0	2	4	5

*Nutritional status*

In Table 9 the anthropometric data, height-for-age (ht/age) and weight-for height (wt/ht), are compared in the two communities and their respective creches as an indicator of nutritional and health status. About 20% of the children of Sta. Lucia/Vila Rita and 25% of the children of Serra were severely stunted; 2% and 5%, respectively, were found to be severely wasted. In all creches studied there were slightly more stunted children than in the community. No severely wasted child was found in the creche of Serra, slightly more severe cases of wasting occurred in the creches of Sta. Lucia/Vila Rita.

DISCUSSION

It is a hazardous undertaking to assess the desirable output of formal health posts in improving nutritional and health status, when there is no supervision by governments health authorities in this respect. Nevertheless, it could be helpful to compare governmental endeavors to improve the health situation of Brazilian children, according to the internationally suggested "GOBI" recommendations.

The rate of immunization shows a slightly better record than the national average (11,12), but is much lower than the coverage rate found in Sao Paulo (13). However, the observation that those children whose parents came from outside Belo Horizonte had a higher chance of being immunized, leads to the conclusion that it was not the health posts of community that were responsible for the above average rate of immunization.

The causes of diarrhea thought by the mothers in Belo Horizonte to be mainly of environmental origin, differed

considerably from the opinions of the mothers in Rio (mainly contaminated or unsuitable food), in Egypt (common cold and teething) (14) or in Ghana (contaminated or unsuitable food) (15).

The mothers in Belo Horizonte preferred to apply home remedies or to buy drugs rather than to consult medical professionals. This may be a strong indication that the health post did not offer much assistance to the mothers in cases of acute diarrhea. The fact that mothers with a higher educational level and those originating from the city of Belo Horizonte attended the health posts less, confirm the general observations. In Rio de Janeiro, double the percentage of mothers relied on the assistance of medical professionals when the diarrhea persisted.

According to Table 4, most mothers in Rio de Janeiro followed international recommendations and continued feeding children during diarrhea, whereas in Belo Horizonte most mothers preferred to reduce energy intake and administered tea.

The number of mothers who knew about ORT was comparable in both metropolises. Yet it has to be remembered, that knowledge of ORT is not necessarily an indicator for the application of this therapy.

Two studies have shown that there exists a reversal trend in the breast-feeding behavior of mothers in urban areas of Brazil (16,17). Monteiro et al (16) demonstrated that the increase in breast feeding in Sao Paulo is due to a trickle-down effect from the urban, high income group to the low income group. The breast-feeding data of the two communities studied show the situation in the two earlier mentioned Brazilian metropolises before the increase of

breast-feeding. Although older breast-feeding data from Belo Horizonte were not available, nevertheless it seems that this trickle-down effect has not happened in this city.

The high prevalence of anemia in both communities, which is quite similar to that of Sao Paulo (18) and the even higher prevalence in the three creches, seemed to be mainly due to the low iron supply in the food (8).

The high prevalence of parasites in the community was again exceeded in the creches. It is known that, with a lack of the appropriate use of physical facilities and ignorance by the personnel by standards of hygiene, children are exposed to a higher risk of infection in the day care centers than at home (19).

The incidence of diarrhea was found to be in the same range as that in the northeast region of Brazil (20). This was much higher than that in Sao Paulo (21) where the incidence of diarrhea had decreased notably during the last ten years, probably because of such factors as an increase in the prevalence of breast-feeding and the extension of water supply and sanitation systems.

As regards the nutritional status and the prevalence of anemia, it was quite surprising that the children in the creches studied were more malnourished and more anemic than those in the randomized sample of the children in the favela population. This observation raises the question of whether the health posts are doing everything in their power to improve the health status of the vulnerable groups. The health post personnel have easy access to the creches and, as the present study shows, children with a high morbidity and mortality risk, can be reached there and appropriate interventions can be started.

It can be concluded that the creches and health posts in the favelas in Belo Horizonte which were studied have not achieved all the objectives that the GOBI programme demands from such institutions. The health and nutritional situation in the creches is specially alarming, and regular supervision of all creches or day care centers must be strongly recommended in order to improve the health status of preschool children cared for there.

Children of both communities showed a better nutritional and health situation than children in the northeast of Brazil, but worse in comparison with data available for favela children in the southeast, such as Sao Paulo and Rio de Janeiro. However, it has to be remembered that this study has been executed only in two communities, and may not be representative for all favelas of Belo Horizonte. Since the formal health facilities of both communities were in the process of reorganization and expansion during the study, it can be hoped that nutritional and health indicators have now been improved.

The opportunity to break through the *circulo vicioso* that these children from low-income groups are born into,

by starting programs for better nutrition, health education and hygiene should not be neglected.

## REFERENCES

1. Mata L. Role of health services in improving nutrition and health. In: Proceedings of the XIII International Congress of Nutrition, 1985. Ed. by T.G. Taylor and N.K. Jenkins. John Libbey, London, Paris, 106-109, 1986.
2. Dugdale AE & PR Payne. Modelling seasonal changes in energy balance (Africa). In: Proceedings of the XII International Congress of Nutrition, 1985. Ed. by TG Taylor & NK Jenkins. John Libbey, London, Paris, 141-144, 1986.
3. Pickering H & WH Lamb. Urban and rural differences in seasonal stress in the Gambia. In: Proceedings of the XII International Congress of Nutrition, 1985. Ed. by TG Taylor & NK Jenkins. John Libbey, London, Paris, 148-150, 1986.
4. Gopalan C. The effect of development programmes on the nutrition of populations. In Proceedings of the XII International Congress of Nutrition, 1985. Ed. by TG Taylor & NK Jenkins. John Libbey, London, Paris, 9-18, 1986.
5. López de Romaña G, KH Brown & RE Back. Health and growth of infants and young children in Huáscar, Perú. *Ecol Food Nutr* 19:213-229, 1985.
6. World Health Organization (WHO). Primary health care. Report of the International Conference on Primary Health Care. Alma Ata, USSR, 6-12 September, 1978. WHO, Geneva, 1978.
7. UNICEF. Current views on nutrition strategies. New York, 1982.
8. Bisi Molina MC, R Gross, B Schell, U Strack & B Brunken. The nutritional status of urban, low-income group children of two communities in Belo Horizonte, Brazil. *Rev Saúde Públ Sao Paulo*, 1988.
9. Boular TG & I Costa Leite. *Moraes Parasitologia e Microbiologia Humana*. 2. ed. Rio de Janeiro, Brazil, Editoria Cultura Médica LTDA, 1978.
10. World Health Organization (WHO). Development of indicators for monitoring progress towards health for all by the year 2000. Geneva, 1981.
11. IBGE. Perfil estatístico de crianças e maes no Brasil. Situação de Saúde 1981. Fundação Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico, Rio de Janeiro, Brazil. 1984.
12. UNICEF. Situação mundial de infancia 1987. Brasilia DF Brasil, 1987.
13. Monteiro CA, MC Guerra, MH Benicio & M Meyer. Estudo das condições de Saúde das crianças do municipio de Sao Paulo, SP (Brasil) 1984-1985. VIII. Cobertura e qualidade da assistência materno-infantil. *Rev Saúde Públ, Sao Paulo* 22 (2): 132-139, 1988.
14. Hegazy MI, OM Galal, MT El-Mougy, S Wallace-Cabin & GG Harrison. Composition of Egyptian home remedies for diarrhea. *Ecol Food Nutr* 19:247-255, 1987.
15. Biritwum RB, S Isomura, A Assoku & S Torigoe. Growth and diarrhoeal disease surveillance in a rural Ghanaian preschool child population. *Trans Roy Soc Trop Med Hyg* 80:208-213, 1986.

16. Monteiro CA, HPP Zúñiga, MHDA Benicio, M Ferreira Rea, ES Tudisco & DM Sigulem. The recent revival of breast-feeding in the city of Sao Paulo. *Am J Pub Health*, 77:964-966, 1987.
17. Gross R, Stange M, Solomons NW, Oltersdorfs U and Rios Esquivel I. The influence of economic deterioration in Brazil on the nutritional status of children in Rio de Janeiro, Brazil. *Ecol Food Nutr* 19:265-279, 1987.
18. Monteiro, CA & SC Szarfarc. Estudo das condições de saúde das crianças no município Sao Paulo, SP (Brasil) 1984-1985. V. Anemia. *Rev Saúde publ.* 21: 255-260, 1987.
19. Klein, JO. Infectious disease and day care. *Rev Infect, Dis*, 8:521-526, 1986.
20. Guerrant RL, Kirchoff LV, Shields DS, Nations MK, J Leslie, MA de Souza, JG Araujo, LL Correia, KJ Sauer, KE McClelland, FL Trowbridge & JM. Hughes. Prospective study of diarrhoeal illness in northeastern Brazil: patterns of disease, nutritional impact, etiologies and risk factors. *J Infect Dis*, 148:986-997, 1983.
21. Benicio, MHDA, CA Monteiro, HPP Zuñiga & EMB Rio. Estudo das condições de saúde das crianças do município de Sao Paulo, SP (Brasil), 1984-1985. *Rev Saúde publ., Sao Paulo* 21:23-28, 1987.

## Relación entre el consumo de grasas y la mortalidad por cáncer colorrectal en la población venezolana

*Hector Malavé<sup>1</sup>, Hernán Méndez Castellano<sup>2</sup>, Inés Malavé<sup>1</sup>.*

Centro de Medicina Experimental, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas, Venezuela.  
Fundación para el Estudio del Crecimiento y Desarrollo de la Población Venezolana (FUNDACREDESA).  
Caracas, Venezuela.

**RESUMEN.** Estudios epidemiológicos y de laboratorio han indicado que existe una asociación entre la ingesta de grasas en la dieta y la carcinogénesis colorrectal. En el presente estudio se evalúa la relación existente entre el consumo de grasas en la población venezolana y la mortalidad por cáncer colorrectal en la misma. Para ello, se establecieron los coeficientes de correlación entre la ingesta de grasas totales, grasas visibles (aceites vegetales, margarina, mantequilla, manteca vegetal y animal, mayonesa) y grasas no visibles (aquellas contenidas en los restantes alimentos), y las tasas de mortalidad específica por cáncer colorrectal en 9 Estados y Regiones Geopolíticas de Venezuela. El mayor consumo lipídico y las tasas de mortalidad más elevadas por cáncer colorrectal se observaron en los estados más desarrollados. Se observó una correlación positiva significativa entre el consumo de grasas totales y grasas visibles y la mortalidad por cáncer colorrectal ( $r = 0,756$ ;  $p < 0,02$  y  $r = 0,958$ ;  $p < 0,001$  respectivamente). Por otra parte no se observó correlación significativa entre el consumo de grasas no visibles y la mortalidad por cáncer colorrectal ( $r = 0,543$ ,  $p > 0,05$ ). Más del 80 % de los lípidos que conforman las grasas visibles que se consumen en Venezuela, están constituidos por aceites vegetales y margarina, los cuales contienen en su mayor parte ácidos grasos poliinsaturados. Basado en lo anterior, es posible inferir que la carcinogénesis colorrectal en Venezuela está vinculada al consumo de grasas insaturadas, y que las medidas tendientes a prevenir esta enfermedad deben basarse en la reducción del consumo de las mismas.

**SUMMARY.** Fat intake and colorectal mortality in the Venezuelan population. Epidemiologic and experimental studies have pointed to an association between fat intake and colorectal carcinogenesis. In the present work we have studied the correlation between fat intake and mortality caused by colorectal cancer in the Venezuelan population. For this purpose, we have calculated the correlation coefficients between the ingestion of total fat, visible fat (vegetable oil, margarine, butter, mayonnaise) as well as nonvisible fat (that contained in other foods) and the mortality rate by colorectal cancer with data from nine Venezuelan states and geographical regions. The highest lipid consumption and mortality rates were observed in the more developed states. There was a positive and significant correlation between total as well as visible fat consumption and colorectal cancer mortality ( $r = 0.756$   $p < 0.02$ , and  $r = 0.958$ ,  $p < 0.001$ ; respectively). In contrast, there was no significant correlation between the consumption of non visible fats and colorectal mortality ( $r = 0.543$ ,  $p < 0.05$ ). More than 80 % of the visible fats ingested in Venezuela are constituted by vegetable oil and margarine, which contain a high proportion of polyunsaturated fatty acids. Based on the above, it is possible to infer that colorectal carcinogenesis in Venezuela is associated to the uptake of unsaturated fat, and that measures leading to the prevention of this disease should be based on the reduction in the consumption of total and unsaturated lipids.

### INTRODUCCION

Numerosos estudios epidemiológicos y experimentales han demostrado la existencia de una asociación entre la ingesta de grasas y el desarrollo de cáncer colorrectal, aún cuando los mecanismos responsables no se conocen con exactitud (19). En efecto, se han reportado mayores cifras

1 Héctor Malavé. Médico Rural, Junta de Beneficencia del Distrito Federal. Profesional en Entrenamiento, IVIC.  
Inés Malavé. Investigador Asociado Titular, IVIC.  
2 Hernán Méndez Castellano. Presidente de FUNDACREDESA. Profesor Titular de Pediatría, Universidad Central de Venezuela.

de morbimortalidad por cáncer colorrectal en las poblaciones urbanas industrializadas, con hábitos alimentarios tendientes al mayor consumo de grasas totales y menor consumo de fibras, que en las poblaciones rurales y del tercer mundo (1,10).

También se ha estudiado el efecto de los diferentes tipos de lípidos en el desarrollo de estos tumores. Estudios realizados en grandes grupos humanos señalan, en general, que el riesgo de cáncer colorrectal aumenta con dietas ricas en grasas saturadas (10-13). En forma cónsona, se ha demostrado que los ácidos grasos saturados son capaces de acelerar la transformación neoplásica inducida por oncogenes en cultivos de fibroblastos (9). Sin embargo, estudios realizados en animales de experimentación, indican que son las grasas insaturadas las que tienen un papel preponderante en el desarrollo de tumores de colon (14). Se ha señalado también que altas ingestas de colesterol y de grasas de origen animal aumentan el riesgo de cáncer colorrectal (1,10). Igualmente se ha demostrado una dependencia entre contenidos elevados de ácidos grasos esenciales y ácidos grasos de cadena corta en la dieta y la incidencia de tumores del intestino grueso inducidos con azoximetano en ratas de experimentación (15-16). Estudios recientes indican que el aceite de origen marino inhibe el desarrollo de varios tumores experimentales (17). Se ha comparado el efecto de los aceites derivados del pescado, maíz y girasol sobre la carcinogénesis colorrectal en ratas de experimentación, demostrándose que la incidencia, volumen y multiplicidad de los tumores fue menor en los animales alimentados con aceite de pescado (18-20). En efecto, la alimentación con aceites marinos disminuye las concentraciones de ácido linoléico y ácido araquidónico, y aumenta igualmente la concentración de los ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico que son capaces de antagonizar la producción de eicosanoides derivados del ácido araquidónico, sustancias que parecen ser responsables en parte de la carcinogénesis (17,21).

Otros mecanismos propuestos para explicar la capacidad carcinogénica de las grasas, incluyen el aumento en la excreción biliar así como cambios en la composición de la microflora intestinal (1,22). Se ha demostrado un incremento de bacterias anaeróbicas, capaces de inducir la deshidroxilación de las sales biliares primarias a sales biliares secundarias, las cuales han demostrado estar relacionadas con la carcinogénesis colorrectal (1,23,24), así como de incrementar la formación de radicales libres y la subsiguiente activación de procarcinógenos en el volumen intestinal (1,23-27). Finalmente, se ha propuesto que la pérdida de calcio producida por las grasas de la dieta, podría explicar en parte, los efectos carcinogénicos de las mismas, al producir alteraciones en los mecanismos intracelulares que regulan la proliferación celular (28).

Otros factores de riesgo involucrados en el desarrollo de cáncer colorrectal son una elevada ingesta calórica total

(1,4,5,7,8), así como de proteínas (5), almidón y oligosacáridos (13,29) carnes (1,7,10,29), huevos (30), alcohol (en especial cerveza) (31,32), vitamina K (26) y sodio (33).

Igualmente se han estudiado una serie de factores protectores de la aparición de cáncer colorrectal como dietas con alto contenido de fibra (1, 6, 34, 35), frutas y vegetales verdes (29, 34), vegetales crudos (13), café (29), leche y otras fuentes de calcio (35-37) y la ingesta de algunos micronutrientes y vitaminas como magnesio (38), ácido ascórbico (7, 31, 39), alfa-tocoferol (vitamina E) (39), selenio (1, 36), carotenoides (5, 7, 24), vitamina D (3), vitamina A (40) y potasio (33). Del mismo modo, el incremento en la actividad física y el consumo energético se han asociado con una menor incidencia de cáncer colorrectal (36,41).

En los últimos años, se ha observado un incremento en la mortalidad por cáncer colorrectal en Venezuela, lo que podría estar relacionado con el creciente proceso de desarrollo y la incorporación de hábitos dietéticos similares a los de países industrializados. El propósito del presente estudio, es establecer si existe una relación entre la calidad de la dieta del venezolano, en lo referente a la ingesta de grasas, y la presencia de cáncer colorrectal en la población, a través de un estudio de la repercusión de esta enfermedad en las diferentes áreas geográficas del país y su relación con el consumo de grasa en las mismas.

## MATERIALES Y METODOS

Como indicador para medir la situación actual del cáncer colorrectal en las distintas áreas geográficas de Venezuela, se utilizó la tasa de mortalidad específica en cada Entidad Federal, calculada en base al quinquenio 1981-1985. Los datos de mortalidad fueron obtenidos de los anuarios de Epidemiología y Estadística Vital del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, y los correspondientes a las cifras estimadas de población para cada Entidad Federal de la Oficina Central de Estadística e Informática.

Como medida del consumo de grasas en la población venezolana, se utilizaron datos obtenidos de las encuestas de consumo alimentario realizadas por FUNDACREDESA entre 1982 y 1985. En dichas encuestas se consideraron como grasas totales a aquellas contenidas en todos los alimentos de la dieta diaria; las grasas visibles son las provenientes de alimentos con porcentajes de contenido en lípidos superiores al 90 % (aceites vegetales, margarina, mantequilla, manteca vegetal y animal, mayonesa) y las grasas no visibles son las contenidas en los restantes alimentos. Para la población de cada Estado o Región se expresó el consumo promedio de cada tipo de grasa en gr/persona/día.

Se calculó el coeficiente de correlación simple entre las tasas de mortalidad específica por cáncer colorrectal y el

consumo de grasas totales, grasas visibles y grasas no visibles para cada Entidad Federal.

### RESULTADOS

Al calcular la tasa quinquenal de mortalidad por cáncer colorrectal en cada Entidad Federal se observó una distribución regional característica. Las cifras más altas se observaron en el Distrito Federal y en los Estados Miranda, Aragua, Carabobo y Guárico de la Región Central; Lara y Falcón de la Región Centro Occidental y en el Zulia. En todos los Estados mencionados la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal mostró cifras mayores a 2.5 por 100,000. Por el contrario las tasas de mortalidad más bajas se observaron en la Región de Guayana, en los estados Barinas y Apure de la Región de los Llanos; en los Estados Anzoátegui, Monagas y Sucre de la Región Nor-Oriental; en el Estado Táchira de la región de los Andes y en el estado Portuguesa de la Región Centro-Occidental. En estos estados las tasas de mortalidad fueron menores de 2.0 por 100,000. En el resto de los Estados estudiados (Cojedes, Mérida, Nueva Esparta, Trujillo y Yaracuy) se hallaron valores intermedios (Figuras 1 y 2).

En cuanto al consumo de grasas totales, se observó que las cifras más altas, con valores iguales o mayores a 65 g/persona/día se obtuvieron en el Distrito Federal y en los

Estados Carabobo, Falcón, Trujillo y Zulia. En los Estados Lara, Portuguesa, Yaracuy y en la región Nor-Oriental se observaron valores por debajo de 65 g/persona/día. El consumo de grasas no visibles mostró una distribución geográfica similar, con consumos superiores a 33 g/persona/día en el Distrito Federal y en los Estados Carabobo, Falcón, Trujillo y Zulia y consumos menores de 33 g/persona/día en los Estados Lara, Portuguesa, Yaracuy y en la Región Nor-Oriental. Con respecto a las grasas visibles, la distribución fue parecida con valores por encima de 28 g/persona/día para los Estados Carabobo, Distrito Federal, Falcón, Trujillo y Zulia incluyéndose también en este grupo al Estado Lara cuyas cifras de consumo de grasas visibles fue de 30,04 g/persona/día (Tabla 1).

De acuerdo a lo esperado, se observó una correlación positiva significativa entre el consumo de grasas totales y la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal en las Entidades Federales estudiadas ( $r = 0,756$ ;  $p < 0,02$ ) (Figura 3). Es interesante resaltar el hallazgo de una correlación positiva aún más elevada entre el consumo de grasas visibles y la mortalidad por cáncer colorrectal ( $r = 0,958$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 4). Por el contrario, no se observó correlación significativa entre el consumo de grasas no visibles y la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal en el grupo de Entidades Federales estudiadas ( $r = 0,543$ ;  $p > 0,05$ ) (Figura 5)

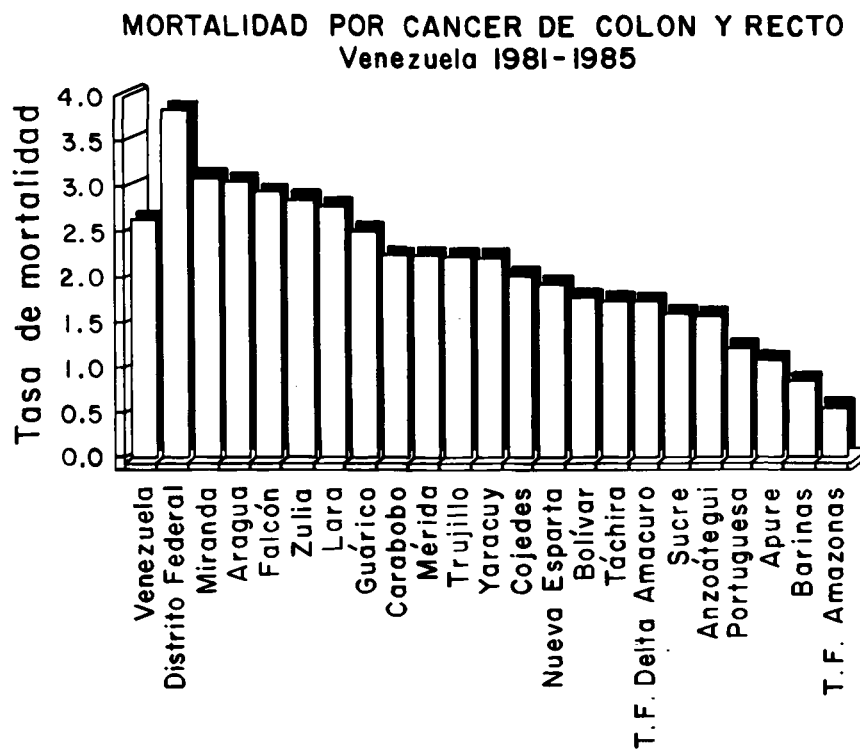


FIGURA 1

Tasas de mortalidad por cáncer colorrectal, en las diferentes Entidades Federales de Venezuela.

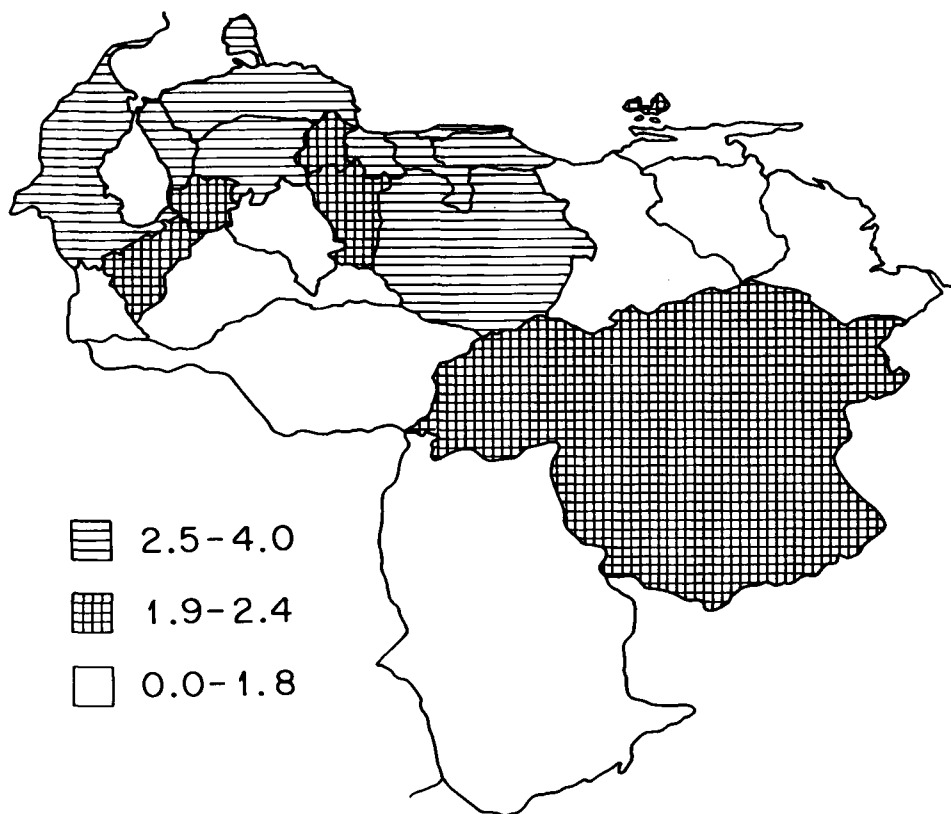


FIGURA 2

Mapa de la distribución geográfica de la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal en Venezuela.

TABLA 1  
CONSUMO DE GRASAS EN LA POBLACION DE VENEZUELA  
(g/persona/día)

Entidad Federal	Grasas Totales	Grasas Visibles	Grasas No Visibles
Distrito Federal	66,34	33,31	33,03
Estado Carabobo	65,27	29,03	36,24
Estado Falcón	65,11	31,93	33,18
Estado Lara	59,17	30,04	29,00
Estado Portuguesa	48,07	23,97	24,10
Estado Trujillo	62,06	28,24	33,82
Estado Yaracuy	53,35	25,35	28,00
Estado Zulia	75,20	30,90	44,30
Region Nor-Oriental	51,80	24,68	27,12

<sup>1</sup> Fuente: FUNDACREDESA: División de Investigaciones sobre la Familia. Departamento de Nutrición Social, 1982, 1984, 1985.

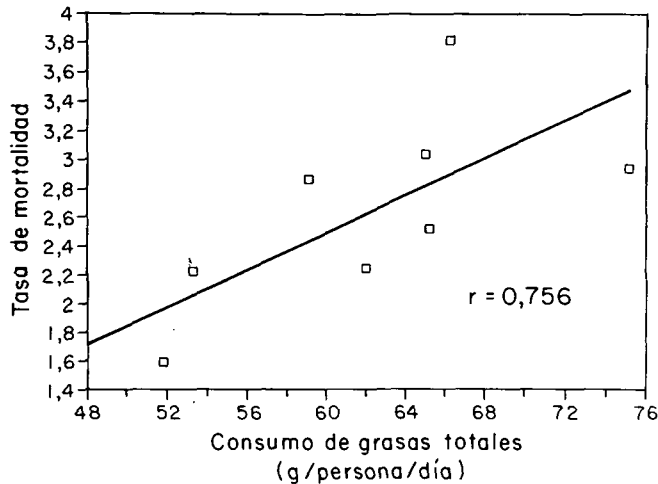


FIGURA 3

Correlación entre la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal y el consumo de grasas totales por persona/día en la Región Nor-Oriental y ocho Estados de Venezuela.

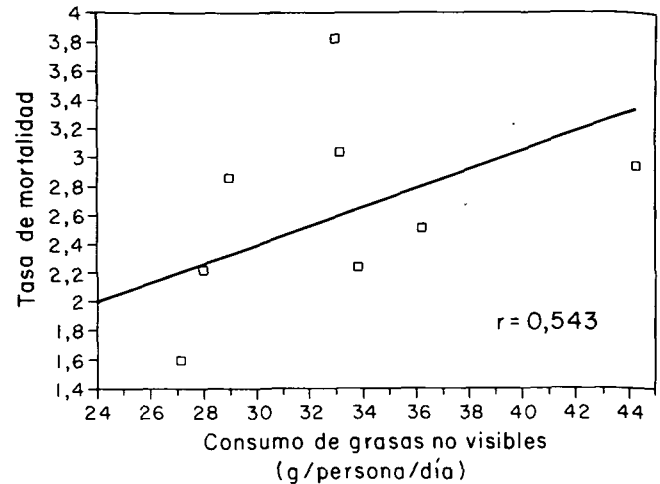


FIGURA 5

Correlación entre la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal y el consumo de grasas no visibles por persona/día en la Región Nor-Oriental y ocho Estados de Venezuela.

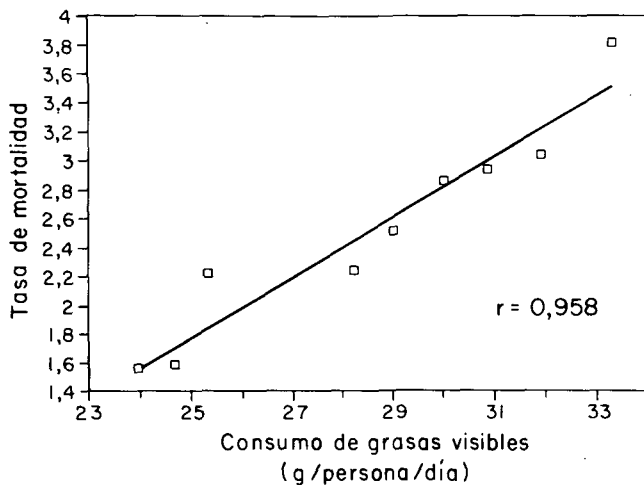


FIGURA 4

Correlación entre la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal y el consumo de grasas visibles por persona/día en la Región Nor-Oriental y ocho Estados de Venezuela.

## DISCUSION

Los estudios de correlación entre las tasas de mortalidad por cáncer y la prevalencia de ciertos hábitos dietéticos en la población, han proporcionado hallazgos útiles para explicar la etiología de algunos tipos de neoplasias (42,43,44). La hipótesis de que las grasas promueven la carcinogénesis colorrectal, deriva en parte de estudios epidemiológicos de este tipo realizados a nivel

internacional los cuales tienen la desventaja de que otros factores además del contenido de grasas en la dieta, distinguen a los países y regiones evaluados en dichos estudios (42). Cuando este tipo de trabajos se realizan dentro de un mismo país, las fuentes de datos son más homogéneas, ya que se obvian algunas variables como son las diferencias en los factores culturales, socioeconómicos y en los estándares de vida entre diferentes países (42,43).

También es importante señalar que los estudios en donde se asocia la dieta con enfermedades crónicas, especialmente el cáncer, requieren en condiciones ideales la valoración de la dieta durante lapsos prolongados y por varios años antes de la presentación clínica de la enfermedad. En este sentido, diversos autores han reportado que estimaciones referentes a la dieta actual, reflejan en forma apropiada la composición de la dieta en el pasado sobre todo en lo referente a sus macromoléculas (45).

En el presente estudio se demostró la existencia de una correlación positiva y estadísticamente significativa, entre el consumo de grasas totales y grasas visibles en diversas áreas geográficas de Venezuela y la tasa de mortalidad por cáncer colorrectal en las mismas. Al mismo tiempo se demostró que no hay correlación significativa al utilizar en el análisis las grasas no visibles. También debe destacarse que la correlación hallada al utilizar las grasas totales, que es la suma de los dos, tipos de grasas, fue menor a la encontrada al utilizar las grasas visibles en forma aislada.

Por otra parte, aproximadamente el 86 % de los lípidos que componen a las grasas visibles que se consumen en Venezuela, están constituidos por aceites vegetales y margarinas (46), los cuales son ricos en ácidos grasos poliinsaturados (47). Sobre esta base es posible sugerir que

la carcinogénesis colorrectal en la población venezolana podría estar vinculada con el consumo de grasas insaturadas, lo que está en concordancia con los trabajos realizados en animales de experimentación (14). A pesar de que muchos estudios epidemiológicos atribuyen un papel preponderante a las grasas saturadas (10-13), es importante señalar los resultados de estudios realizados en poblaciones de Suecia y en habitantes de Hawaii con ancestros japoneses, en los que se ha demostrado ausencia de correlación e incluso correlaciones negativas, al asociar el consumo de grasas saturadas con la mortalidad e incidencia de cáncer colorrectal (42,48). Además, otros autores observaron que cuando el consumo de grasas en la dieta es alto, existe una correlación estrecha entre el consumo de grasas totales y la carcinogénesis colorrectal, en tanto que a bajos consumos de grasa, la correlación es mas elevada con la ingesta de lípidos poliinsaturados (49). En ese sentido es importante señalar que el consumo promedio de grasas en la dieta del norteamericano está alrededor de 140 g/persona/día (50), en tanto que en la población estudiada en este trabajo es da aproximadamente 63 g/persona/día lo cual representa una ingesta lipídica baja en comparación al patrón de consumo norteamericano. De acuerdo a lo anterior, la alta correlación encontrada en el presente trabajo entre el consumo de grasas visibles y la mortalidad por cáncer de colon y recto en Venezuela, concuerda con la elevada correlación entre este tipo de cáncer y la ingesta de lípidos poliinsaturados observada en estudios con poblaciones de bajo consumo lipídico.

Por otra parte, es importante destacar que las cifras más elevadas de consumo de grasas y de mortalidad por cáncer colorrectal se observaron en los Estados de la Región Capital, Región Central, Región Centro-Occidental y Región del Zulia, que corresponden a las de mayor desarrollo urbano y socioeconómico. Igualmente, es notable el bajo consumo de grasas y de mortalidad por cáncer colorrectal que se observa en las áreas que han demostrado ser las de menor prosperidad económica y con los índices más elevados de desnutrición, en los estudios de población realizados por FUNDACREDESA (51). Estas observaciones coinciden con lo señalado anteriormente referente a la mayor frecuencia de esta enfermedad en los países más desarrollados del mundo occidental, y dentro de los mismos, en los estratos socioeconómicos más elevados (1,10, 31). En este sentido, cabe mencionar las observaciones realizadas por Méndez Castellano y colaboradores en la población venezolana, quienes señalan que la proporción más alta de la población perteneciente a los estratos I, II y III según la escala de Graffar, reside en las grandes zonas urbanas de las Regiones Capital, Central y Zuliana (52), que son a su vez las que presentan mayor consumo de grasas y mayor mortalidad por cáncer colorrectal.

En conclusión, este estudio proporciona un soporte adicional a observaciones previas de que las grasas, y sobre

todo las grasas poliinsaturadas, promueven la carcinogénesis colorrectal y que las medidas tendientes a reducir el consumo de las mismas tendrían un efecto sobre la mortalidad por esta enfermedad (1, 3, 44). Por esta razón, parece justificado implementar medidas tendientes a cambiar los patrones de consumo y algunos hábitos en la preparación de los alimentos del venezolano, sobre todo en lo grupos de población pertenecientes a los estratos socioeconómicos elevados donde la mortalidad por cáncer colorrectal tiene su mayor impacto.

#### AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Miguel Layrisse por la lectura crítica y sus útiles comentarios sobre este trabajo.

#### REFERENCIAS

1. Burkitt DP. Etiology and prevention of colorectal cancer. *Hosp Pract*, 19:67-77, 1984.
2. Miller AB. Diet and cancer. A review. *Acta Oncol*, 29: 87- 95, 1990.
3. Walker AR & Segal I. Colorectal cancer. Some aspects of epidemiology, risk factors treatment, screening and survival. *S Afr Med J*, 73:653-657 1988.
4. Graham S, Marshal J, Haughey B, Mittelman A, Swanson M, Zielezny M, Byers T, Wilkinson G & West D. Dietary epidemiology of cancer of the colon in western New York. *Am J Epidemiol*, 128:490-503, 1988.
5. West DW, Slattery ML, Robison LM, Schuman, KL, Ford, MH, Mahoney, AW, Lyon, JL & Sorensen, AW Dietary intake and colon cancer: sex and anatomic sitespecific associations. *Am J Epidemiol*, 130:883-894, 1989.
6. Wargovich MJ, Baer AR, Hu PJ & Sumiyoshi H. Dietary factors and colorectal cancer. *Gastroenterol. Clin North Am*, 17:727-745, 1988.
7. Vogel VG & McPherson RS. Dietary epidemiology of colon cancer. *Hematol Oncol Clin North Am*, 3:35-63, 1989.
8. Neil GA & Bruce, WR Experimental approaches to colon cancer prevention in humans. *Gastroenterol. Clin North Am* 17:917-930, 1988.
9. Hsiao WL Pai, HL Matsui, MS & Weinstein I B. Effects of specific fatty acids on cell transformation induced by an activated c-H-ras oncogene. *Oncogene*, 5:417-421, 1990
10. Padmanabhan PN. Diet, nutrition intake, and metabolism in populations at high and low risk for colon cancer. Introduction: correlates of diet, nutrient intake, and metabolism in relation to colon cancer. *Am J Clin Nutr*, 40: 880-886, 1984.
11. Hursting SD, Thornquist M & Henderson MM. Types of dietary fats and the incidence of cancer at five sites. *Prev Med*, 19:242-253, 1990.
12. Whittemore AS, Wu-Williams AH, Lee M, Zheng S, Gallagher RP, Jiao DA, Zhou L, Wang XH, Chen K, Jung D, et al. Diet, physical activity, and colo rectal cancer among Chinese in North America and China. *J Natl Cancer Inst*, 82:915-926, 1990.

13. Tuyns AJ, Kaaks R & Haelterman M. Colorectal cancer and the consumption of foods: a case-control study in Belgium. *Nutr Cancer*, 11:189-204, 1988.
14. Halline AG, Dudeja PK & Brasitus TA. Pre-malignant alterations in rat colonic N1-acetylspermidine levels induced by 1,2-dimethylhydrazine: effects of a high corn oil dietary regimen. *Biochim Biophys Acta*, 990:280-287, 1989.
15. Bull AW, Brohstein JC & Nigro, ND. The essential fatty acid requirement for azoxymethane-induced intestinal carcinogenesis in rats. *Lipids*, 24:340-346, 1989.
16. Jacobs R. Role of dietary factors in cell replication and colon cancer. *Am J Clin Nutr*, 48 (suppl):775-779, 1988.
17. Karmali, RA n-3 fatty acids and cancer. *J Intern Med Suppl* 225:197-200, 1989.
18. Nelson RL, Tanure JC, Andrianopoulos G, Souza, G & Lands WE. A comparison of dietary fish oil and corn oil in experimental colorectal carcinogenesis. *Nutr Cancer*, 11: 215-220, 1988.
19. Reddy BS & Sugie, S. Effect of different levels of omega-3 and omega-6 fatty acids on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in F344 rats. *Cancer Res*, 48:66426-647, 1988.
20. Cannizzo F Jr. & Broitman, SA Postpromotional effects of dietary marine or safflower oils on large bowel or pulmonary implants of CT26 in mice. *Cancer Res*, 49:4289-4294, 1989.
21. Minoura T, Takata T, Sakaguchi M, Takada H, Yamamura M, Hioki K & Yamamoto M. Effect of dietary eicosapentaenoic acid on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Cancer Res*, 48:4790-4794, 1988.
22. Nemsadze GG, Mogidze BA, Rybin EP & Akopov MA. The characteristics of bile acid excretion in patients with cancer of the large intestine. *Vopr Onkol*, 36:549-552 1990.
23. Nagengast FM, Van der Werf SD, Lamers HL, Hectors M.P. & Buys W.C. Influence of age, intestinal transit time, and dietary composition on fecal bile acid profiles in healthy subjects. *Dig Dis Sci*, 33:673-678, 1988.
24. McKeigue PM, Adelstein AM, Marmot MG, Henly PJ, Owen RW, Hill MJ & Thompson MH. Diet and fecal steroid profile in a South Asian population with a low colon cancer rate. *Am J Clin Nutr*, 50:1511-154, 1989.
25. Van Tassel RL, Kingston DG & Wilkins TD. Metabolism of dietary genotoxins by the human colonic micro flora. The fecapentaenes and heterocyclic amines. *Mutat Res*, 238: 209-221, 1990.
26. Blakeborough MH, Owen RW & Bilton RF. Free radical generating mechanisms in the colon: Their role in the induction and promotion of colorectal cancer? *Free Radic Res Commun*, 6:359-367, 1989.
27. Gorbach SL & Goldin BR. The intestinal micro flora and the colon cancer connection. *Rev Infect Dis*, 12 suppl:S252-261, 1990.
28. Wargovich MJ & Baer AR. Basic and clinical investigations of dietary calcium in the prevention of colorectal cancer. *Prev Med*, 18:672-679, 1989.
29. La Vecchia C, Negri E, Decarli A, D'Avanzo, Gentile A & Franceschi S. A case-control study of diet and colorectal cancer in northern Italy *Int J Cancer*, 41:492-498, 1988.
30. Snowdon DA. Animal product consumption and mortality because of all causes combined, coronary heart disease, stroke, diabetes and cancer in Seventhday Adventists. *Am J Clin Nutr*, 48 (3 suppl):739-748, 1988.
31. Payne JE. Colorectal carcinogenesis. *Aust. N Z J Surg*, 60: 11-18, 1990.
32. Freudenheim JL, Graham S, Marshall JR, Haughey BP, & Wilkinson G. Lifetime alcohol intake and risk of rectal cancer in western New York. *Nutr Cancer*, 13: 101109, 1990.
33. Kune GA, Kune S & Watson LF. Dietary sodium and potassium intake and colorectal cancer risk. *Nutr Cancer*, 12:351-359, 1989.
34. Slattery ML, Sorenson AW, Mahoney AW, French TK, Kritchevsky D & Street JC. Diet and colon cancer: assesment of risk by fiber type and food source. *J Natl Cancer Inst*, 80:1474-1480, 1988.
35. Wargovich MJ, Allnut D, Palmer C, Anaya P & Stephens LC. Inhibition of the promotional phase of a zoxymethane-induced colon carcinogenegig in the F344 rat by calcium lactate: effect of gimulating two human nutrient density levels *Gancer Lett*, 53:1725, 1990.
36. Shike M, Winawer SJ, Greenwald PH, Bloch A, Hill MJ & Swaroop SV. Primary prevention of colo rectal cancer. The WHO Collaborating Center for the Pre vention of Colorectal Cancer. *Bull World Health Organ*, 68:377-385, 1990.
37. Slattery ML, Sorenson AW & Ford MH. Dietary calcium intake as a mitigating factor in colon cancer. *Am J Epidemiol*, 128504-514, 1988.
38. Tanaka T, Shinoda T, Yoshimi N, Niwa K, Iwata H & Mori H. Carcinogenegig, 10:613-616, 1989.
39. Colacchio TA, Memoli VA & Hildebrandt L. Antioxidants vs carotenoids. Inhibitors or promoters of experimental colorectal cancers. *Arch Surg*, 124:217-221, 1989.
40. Newberne PM, Bueche D, Riengropitak S & Schrage TF. The influence of dietary levels of vitamin A and fat on colon cancer. *Nutr. Cancer*, 13:235-242, 1990.
41. Gerhardsson M, Floderug B & Norell SE. Physical activity and colon cancer risk. *Int J Epidemiol*, 17: 743-746, 1988.
42. Rosen M, Nystrom L & Wall S. Diet and cancer mortality in the counties of Sweden. *Am J Epidemiol*, 127: 42-49, 1988.
43. Armstrong B & Doll, R. Enviromental factors and cancer incidence and mortality in different countries, with special reference to dietary practices. *Int J Cancer*, 15: 617-631, 1975.
44. Cohen L. Diet and Cancer. *Sci Am*, 257(5):4248, 1987.
45. Jain M, Howe GR, Harrison L & Miller AB. A study of repeatability of dietary data over a seven year period. *Am J Epidemiol*, 129:422429, 1989.
46. Luna A. El consumo de alimentos según la encuesta nacional de nutrición, 1981 y 1982. En: VII Congreso Venezolano de Salud Pública. Tomo III. M.S.A.S. Oficina de Publicaciones Caracas, Litografía Melvin, 1986, p.1442-1456.
47. Watt BK & Merrill, AL. Composition of foods Agricultural handbook No. 8. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. Washington, D.C. 1963,p.135.
48. Stemmerman GN, Nomura AM & Heilbrun LK. Dietary fat and the risk of colorectal cancer. *Cancer Res*, 44:4633-4637,

- 1984.
49. Kane JP. The judicious diet. En: Cecil textbook of medicine. Wyngaarden, JB & Smith, LH WB. West Washington Square. Philadelphia, WB Saunders Co., 1985,p.39.
50. Bierman EL. Atherosclerosis and other forms of arteriosclerosis. En: Harrison's principles of internal medicine. Petersdorf RG, Adams RD, Braunwal E, Isselbacher KJ, Martin JB & Wilson JD (Ed.). Kosaido Printing, Japan, McGrawHill Book Co., 1983,p.1465-1475.
51. Mendez Castellano H. Aproximación a la salud de la Venezuela del siglo XXI. Caracas, Cuadernos Lagoven, Serie Siglo XXI, 1985, p.7792.
52. Méndez Castellano, H & De Mendez MC. Estratificacion social y biología humana. Arch Ven Puer Ped, 49:93-104, 1986.

## The nutritional status of Guaymi indians living in Chiriqui province, Republic of Panamá

*Douglas L. Taren*<sup>1,2</sup>, *Diva Sanjur*<sup>2</sup>, *Gloria Rivera*<sup>3</sup>, *David W.T. Crompton*<sup>2,4</sup>  
*Malden Nesheim*<sup>2</sup>, *Jean Tiffany Cox*<sup>2</sup>, *E.C.M. Williamson*<sup>4</sup>

We would like to acknowledge the valuable assistance of three local Guaymi health workers; Amanda de la Luz, Clementina de Quintero (q.e.p.d.) and Lucia Rodriguez de Gracia assisted in the survey by interpreting the Guaymi language to Spanish, registering the participants and organizing the flow of the clinic. We also would like to thank Ana Zelédon for her laboratory assistance with this project. This project was supported in part by Smith, Kline, Beecham and by a grant from the U.S. Agency For International Development (AID/DSTE55426 303600).

**SUMMARY.** Guaymi Indian children have recently been identified as a population group who are at risk for vitamin A deficiency with numerous cases of xerophthalmia with ocular perforation being reported. A fourday parasitological and nutritional clinic based survey was conducted with 335 Guaymi women and children in the towns of San Felix and Alto Caballero to identify the prevalence of parasitic infections and factors associated with malnutrition. A subsample of 79 children, under 19 years of age, from independent families was constructed for the current analysis. The results of the study indicated that 20% of the children had a plasma vitamin A concentration less than 20 µg/dl. Significant associations were identified between ascariasis, age, a food diversity score and vitamin A concentrations. Other indicators of nutritional status were also negatively associated with intestinal parasitic infections, and a modernization index, using multivariate regression analysis. In conclusion, this study identified several factors associated with poor nutritional status that can be used by health officers to identify Guaymi children at risk for malnutrition.

**RESUMEN.** Estado nutricional de los indios Guaymi que viven en la Provincia de Chiriqui, República de Panamá. Los niños de los indios Guaymi se han identificado recientemente como un población con alto riesgo de deficiencia de vitamina A. En ellos se han encontrado numerosos casos de xerophthalmia con perforaciones oculares. Un ensayo clínico de cuatro días se llevó a cabo con 335 mujeres y niños Guaymi en los pueblos de San Felix y Alto Caballero para identificar la prevalencia de infestaciones de parásitos y factores asociados con malnutrición. Se utilizó una muestra de 79 niños, menores de 19 años, de familias independientes para este análisis. Los resultados del estudio indicaron que 20% de los niños tenían un concentración de vitamina A en el plasma menor de 20 µg/dl. Una asociación significativa fue identificada entre ascariasis, edad, y la concentración de vitamina A. Otros indicadores del estado de nutrición se asociaron negativamente con los parásitos intestinales y un índice de modernización. Se usó para ello análisis de regresión multivariable. En conclusión, este estudio identificó ciertos factores asociados con malnutrición que los funcionarios de salud pueden usar para identificar niños Guaymi que presentan un riesgo alto de malnutrición.

### INTRODUCTION

There has recently been an increase in the number of reported cases of vitamin A deficiency among the Guaymi Indians living in the central regions of Panama (1). Between 1989 and 1990 there were 22 registered cases of xerophthalmia with ocular perforation in children less than

14 years of age. However, there is only a limited amount of quantitative information available regarding sociocultural factors that relate to the nutritional status of Guaymi which can be used to develop programs to target high risk children for vitamin A interventions programs.

The Guaymi Indians live in small dispersed hamlets, typically of two to six houses with an average number of people in each hamlet of less than 50 people (2). This makes its very difficult to reach them as they are spread out over a region of 6400 km<sup>2</sup> in the mountainous areas of the provinces of Veraguas, Chiriqui and Bocas del Toro (3). The Guaymi who live in the eastern region of Chiriqui, where the current study was conducted, rely on agricultural subsistence. Their land is of poor quality which has been

1. Current Address: University of South Florida, College of Public Health, 13301 Bruce B. Downs Blvd., Tampa, FL 33612, U.S.A.
2. Division of Nutritional Sciences, Cornell University, Ithaca, New York, U.S.A.
3. Sistema Integrado de Salud (SIS) David, Chiriqui, Republic of Panama.
4. WHO Collaborating Centre for Ascariasis, Department of Zoology, University of Glasgow, Glasgow, Scotland, U.K.

exacerbated by slash and burn agriculture which has led to the destruction of most of the primary vegetation (3). Serious disease among the cattle such as babesiosis, anaplasmosis, warble fly and trypanosomiasis have shifted the use of land even more toward extensive crop cultivation (3,4). However, some livestock are still kept such as cattle, pigs and chickens, but the Guaymi now depend almost entirely on crops for food.

We propose that health workers will be able to better target high risk children now living in areas of Panama that are at risk for vitamin A deficiency by identifying factors that can easily be obtained by public health workers. Our current report presents the results of a cross-sectional study that was done to determine what factors related to the nutritional status of Guaymi children with a special emphasis on plasma vitamin A and carotenoid concentrations.

#### METHODS AND MATERIALS

A four-day survey was conducted on the Guaymi Reserve at the end of June of 1984, the start of the rainy season. Three days were spent at the health center in San Felix and one day at Alto Caballero. San Felix is located 2 km from the Pan-American Highway and is one of four main health centers for Chiriqui Province. The clinic serves an area of 3,660 square kilometers with a population of 45,403 of whom 55.4% are Guaymi (2). Alto Caballero is within the service area of the San Felix clinic. However, it is much more removed and during the rainy season it is necessary to travel by foot, horseback or with a fourwheel drive vehicle after leaving the main highway. It took the research team about 40 minutes on a dirt road to reach the clinic.

The week before the survey, a visit was made by a local health official in order to inform teachers and students of the forthcoming survey. A radio broadcast transmitted into the Guaymi Reserve served to inform other members of the community of the study.

A total of 335 Guaymi registered during the survey. Two hundred two people registered from San Felix and 133 people registered from Alto Caballero. Relatives were placed in the same unit. In total, 59 family units consisting of a woman and other relatives were identified. An additional 20 girls under 18 years of age who did not have a parent or another relative present, but provided sociocultural information were added to the 59 families. Therefore, the final analyses included 79 independent observations. The youngest child that was present was selected from each family as the observation.

The information recorded for each participant included name, birthdate or age (in months) and relationships with other participants. If the age of the child was known only in years then it was recorded as the number of years plus 6

months. In this way we minimized the amount of error regarding the anthropometric standards. Further, if the ranges within an age group would be randomly distributed, this method would make the standardized scores unbiased.

Heights (and recumbent lengths for children under two years old), and weights were measured and recorded by the same two investigators throughout the study. The United States of America National Center For Health Statistics (NCHS) standards were used for determining weight-for-age (WA), height-for-age (HA) weight-for-height (WH) z-scores (5). Scales were zeroed before and each weighing and calibrated daily with standard weights. Children less than two years of age were weighed in dry underpants. Children older than two years of age were weighed clothed and mean weights for sets of clothes, by age groups, were subtracted from the gross weight of the children within each age group. In total, 67 children had their height and weight measured. For seven children, all females, no standards were available for their WH measurements. This was because there were no WH standards for girls who are greater than 137 cm in the NCHS standards.

Three milliliters of venous blood were drawn from each participant over the age of two. A finger prick was used to collect blood in two children and venous blood was collected from three children between 1 to 2 years of age. The blood was transferred to a sterile tube containing sodium EDTA as an anticoagulant and stored in a styrofoam container with ice. At the end of the clinic, the blood samples were transported to Hospital Rafael Hernandez in the town of David. Hematocrit values were determined using a microhematocrit centrifuge with capillary tubes. Hemoglobin concentrations were determined using the cyanmethemoglobin method. Hemoglobin and hematocrit values were considered low when they were more than two standard deviations (SD) below the medians for age as described by Dallman (6). The plasma was separated from the blood and then frozen at -20° C and transported in dry ice to the Gorgas Hospital in the Panama Canal Zone for determining the plasma concentrations of vitamin A and carotenoids. These measurements were conducted using the trifluoroacetic acid method described by the International Vitamin A Consultative Group (7). Plasma vitamin A concentrations were considered to be low when they were below 20 µg/dl and carotenoids were considered to be low when they were less than 39 µg/dl (8).

The parents of the children were given small containers for collecting fresh stool samples and were instructed to return them the same or following day. The samples were placed in labelled polypropylene tubes with 10% aqueous formaldehyde. Qualitative stool exams were performed using a modified version of the ethersedimentation technique (9). The results of the stool exams are presented

as the presence or absence of different genera. An index of polyparasitism was constructed for the sample and was the number of different genera that were identified during a stool examination. Anthelmintic treatment was offered to all participants according to the instructions prescribed for the medicine (albendazole, Smith, Kline, Beecham, Zentel<sup>®</sup>) with authorization of the local medical doctor. We also took great steps to avoid giving the medication to pregnant women and children under two years of age.

Sociocultural information was collected from the women. This information included a 24 hour dietary recall and was used to develop a food diversity score (10). The score was the summation of the number of different unique food items that the women had eaten the previous day. The food diversity score was chosen as the dietary measurement because it is a measurement of dietary intake that local nutritionists and the number of different food items consumed has been correlated with nutrient intakes (11, 12, 13). The second type of sociocultural information collected was a "modernization index." Five factors were identified a priori as a measure of acculturation into the modern ways. The factors used as part of the index were whether: (1) the woman spoke Spanish, (2) the woman wore shoes, (3) the woman wore traditional or western clothing, (4) the woman was able to read and write Spanish and (5) the woman had made a visit to the city of David during the past 12 months. These five variables were scored 2 for a positive response and 1 for a negative response and added together to arrive at the modernization index (14). Similar summated scales have previously been used to characterize social class in Panama (15). The purpose of adapting this methodology was to provide us with a general measure of how much contact the women have had with people outside their own culture.

Pearson correlations were used to measure the associations between variables and tests of proportions were done with chi-square analysis. Student's t-tests were performed to determine differences between indicators of nutritional status and the presence or absence of intestinal parasites. Multiple regression equations were constructed to determine the association between the sociocultural and parasitological measurements and various indicators of nutritional status. Individual parasitic genera and the level of polyparasitism were included as possible factors for inclusion into the regression model. Other variables that were candidates for inclusion into the regression models included age in months, the modernization index and the food diversity score.

## RESULTS

There were 36 boys and 43 girls in the final sample, representing 79 separate family units. The average age was  $75.0 \pm 7.5$  months (1 SEM). The presence of shoes was observed on 35.4% of the women interviewed while 72.2%

wore traditional dress. Only 7.5% of the women did not speak any Spanish and 48.1% were not able to read or write. Fiftytwo percent had left the reserve within the past year to visit David. The modernization index was normally distributed, with a mean of  $7.5 \pm 0.2$ . Similarly, the food diversity score was normally distributed and had a mean of  $4.9 \pm 0.2$ . The correlation coefficient between the modernization index and food diversity score was 0.29 ( $p < 0.01$ ).

### Parasitology

Stool samples were collected from a total of 56 children. Ova from *Ascaris lumbricoides* were present in 42.8% of the stool samples. The percent of positive examinations for *Trichuris trichuria*, hookworm and *Strongyloides stercoralis* were 42.8%, 62.5% and 14.3%, respectively. *Giardia intestinales* and *Entamoeba coli* cysts were identified in 3.6% and 44.6% of the samples, respectively. There were no cysts of *Entamoeba histolytica* identified during with the stool examinations.

There was an increase in the proportion of positive stool examinations for *A. lumbricoides* between the 0 - 2 year old age group and in those children older than 8 years of age (Table 1). Similarly, hookworm ova were identified in one third of the samples for the 0 - 2 year old age group and increased to 84% in the 8 - 18 year old group (Table 1). The 0 - 2 year old age group had a slightly greater proportion of positive stools samples for *T. trichuria* compared with the other age groups. There was no clear trend between the age groups for the presence of *Ent. Coli*. The 0 - 2 year old age group had the lowest percent of positive examinations for *Ent. coli* while the 4 - 8 year old age group had the greatest prevalence (Table 1). In general, the presence of *G. intestinales* and *S. stercoralis* were the lowest in each age group. The exception was in the 0 - 2 year old age group who had a 26.7% prevalence for *G. intestinales* which was equal to the prevalence for *A. lumbricoides*.

Polyparasitism was present in 96.4% of the children (Table 2). The mean number of genera identified in the stool samples was  $2.1 \pm 0.1$ . Two genera were identified in 14 stool samples (25%); three genera were identified in 19 stool samples (34%), and; four genera were identified in 4 stool samples (7%). Plasma Vitamin A and Carotenoid Concentrations.

Plasma vitamin A concentrations were measured for 45 of the children. The mean concentration was  $26.4 \pm 1.0$   $\mu\text{g}/\text{dl}$  (mean  $\pm$  1 SEM) and was significantly correlated with the plasma carotenoid concentrations ( $r = 0.580$ ,  $p < 0.0001$ ). Plasma vitamin A concentrations below 20  $\mu\text{g}/\text{dl}$  were present in 28.6% of the children under 4 years of age, in 30.0% of the children between 4 and 8 years of age and in 9.5% of the children older than 8 years of age (Table 3). Plasma vitamin A concentrations were significantly

TABLE 1  
PREVALENCE OF INTESTINAL PARASITIC INFECTIONS BY AGE GROUPS

Parasite	Total (56)	Age Groups			
		0-2 yr. (15)	2-4 yr. (10)	4-8 yr. (12)	8-18 yr. (19)
	%	%	%	%	%
A. lumbricoides	42,8	26,7	40,0	50,0	52,6
T. tricurua	42,8	60,0	40,0	33,3	36,8
Hookworm	62,5	33,3	50,0	75,0	84,2
S. stercolis	14,3	6,7	20,0	16,7	15,8
G. intestinalis	3,6	26,7	0,0	8,3	0,0
Ent. coli	44,6	6,7	60,0	75,0	47,4

TABLE 2  
INTESTINAL POLYPARASITISM IN GUAYMI CHILDREN

Combinations	Unique	Total	Of total
<u>One Genus</u>		<u>17</u>	<u>30%</u>
Ascaris (A)	1		
Hookworm (H)	4		
Trichuris (T)	11		
Entamoeba (E)	1		
Strongyloides (S)	0		
Giardia (G)	0		
<u>Two Genera</u>		<u>14</u>	<u>25%</u>
A and T	0		
A and H	4		
A and E	1		
T and H	5		
T and G	1		
T and E	2		
T and S	1		
<u>Three Genera</u>		<u>19</u>	<u>34%</u>
A and H and E	12		
A and H and S	2		
A and S and E	1		
T and H and E	3		
T and G and E	1		
<u>Four Genera</u>		<u>4</u>	<u>7%</u>
S and H and E: and A	3		
and T	1		
<u>None</u>		<u>2</u>	<u>4%</u>

correlated with age ( $r = 0.325$ ,  $p < 0.05$ ) but not with the modernization index, the food diversity score or polyparasitism. The mean vitamin A concentrations for children with ascariasis was  $25.0 \pm 1.8 \mu\text{g/dl}$  and was not significantly different from the children without ascariasis ( $28.0 \pm 1.4 \mu\text{g/dl}$ ). However, in a reduced model with age, the presence of *A. lumbricoides* was significant as part of the best prediction model for plasma vitamin A concentrations (Table 4).

Plasma carotenoid concentrations were obtained for 45 of the children (Table 3). In 63.6% of the children between 2 and 8 years the plasma concentration was less than  $39 \mu\text{g/dl}$  and also 18.8% of the children older than 8 years of age had low plasma carotenoid concentrations. The plasma carotenoid concentrations were correlated with age ( $r = 0.336$ ,  $p < 0.05$ ) and the modernization index ( $r = 0.298$ ,  $p < 0.05$ ). The carotenoid concentrations were not correlated with the food diversity score or polyparasitism. The mean plasma carotenoid concentration was significantly lower in children with ascariasis ( $65.8 \pm 11.2 \mu\text{g/dl}$ ) compared with uninfected children ( $109.9 \pm 18.1$ ,  $p < 0.05$ ). The factors that were included in the best reduced regression equation to predict plasma carotenoid concentrations included the presence of *A. lumbricoides*, the modernization index and age (Table 4).

#### Weight-for-Age

The mean WA Z-score was  $0.888 \pm 0.178$  for the entire group. The mean WA Z-score did not differ between the age groups (Table 5). In the 0 - 2 year old group 19.0% were more than 2 standard deviations (2SD) below the reference median as were 12.5% of the 2 - 4 year old. In addition, 18.2% and 15.8% of the 4 - 8 and 8 - 18 year old age groups, respectively had WA Z-scores more than 2SDs below the NCHS reference standards. The WA Z-scores were not independently correlated with either age, the modernization index, the food diversity score or the number of parasitic genera identified in the stool examinations. However, a significant multiple regression model to predict WA Z-scores included the modernization index and the food diversity score (Table 4).

#### Height-for-Age

The mean HA Z-score was  $-2.077 \pm 0.225$  for the group. The height-for-age Z-scores were negatively correlated with age ( $r = -0.214$ ,  $p < 0.10$ ) and with polyparasitism ( $r = -0.285$ ,  $p = 0.05$ ). However, it was not significantly correlated with the modernization index or the food diversity score. The factors included in the best reduced regression model to predict HA Z-scores included the modernization index and polyparasitism (Table 4).

TABLE 3  
BIOCHEMICAL VALUES BY AGE GROUPS

Age Group	Hematocrit %	Hemoglobin gm/dl	Carotenoid $\mu\text{g/dl}$	Vitamin A $\mu\text{g/dl}$
0-2 yrs.	$33,9 \pm 1,01^1$ (5/5) <sup>2</sup>	$12,6 \pm 0,4$ (0/3)	$62,7 \pm 14,2$ (0/3) <sup>3</sup>	$28,2 \pm 4,2$ (1/3)
2-4 yrs.	$34,7 \pm 0,6$ (15/15)	$11,6 \pm 0,2$ (3/13)	$80,0 \pm 19,1$ (3/11)	$24,5 \pm 2,0$ (3/11)
4-8 yrs.	$35,5 \pm 0,8$ (4/12)	$11,9 \pm 0,2$ (2/11)	$54,2 \pm 9,7$ (4/11)	$23,4 \pm 2,4$ (3/10)
8-18 yrs.	$36,6 \pm 0,6$ (7/25)	$12,3 \pm 0,3$ (9/25)	$105,0 \pm 15,7$ (2/22)	$28,6 \pm 1,2$ (2/19)

1. Means  $\pm$  1 SEM .

2. Number of children with low values. Low values for hemoglobin and hematocrits values are set at less than 2 DSs from the median for age from Dallman 1977. Hematocrit values are set at the following levels: 0-2 yrs., 33%; 2-4 yrs., 34%; 4-8 yrs., 35%; 8-18 yrs., 36%. Hemoglobin values are set at the following levels: 0-4 yrs., 11.0 gm/dl ; 4-8 yrs., 11.5 gm/dl; 8-18 yrs., 12.0 gm/dl.

3. Number of children with low values. Low values are those set by the ICCND 1963. Vitamin A values are considered low when below  $20 \mu\text{g/dl}$  and carotenoid values are considered to be low when below  $39 \mu\text{g/dl}$ .

### Weight-for-Height

The mean WA Z-score was  $0.589 \pm 0.204$  for the complete group. Only one child in the 0 - 2 year old group was more than 2 SDs below the reference median. The WH Z-scores were significantly correlated with age ( $r = 0.455$ ,  $p < 0.001$ ) but not with the modernization index, the food diversity score, or polyparasitism. The best reduced model included the modernization index and age (Table 4).

### Hematocrit Values

The mean hematocrit value was  $35.4 \pm 0.4\%$ . All of the children under 4 years of age had a low hematocrit while 29.7% of those between 4 and 18 years of age had a low hematocrit (Table 5). The hematocrit values were significantly correlated with age ( $r = 0.337$ ,  $p < 0.01$ ) but not with the modernization index, the food diversity score or polyparasitism. Hematocrit values were not significantly lower for children infected with hookworm or *T. trichuria* compared with uninfected children. However, the best reduced model included both age and the presence of hookworm infections (Table 4)

### Hemoglobin Concentrations

Low hemoglobin values were present in 18.8% of the children under 4 years of age, in 18.2% between 4 and 8 years of age, and in 36.0% between 8 and 18 years of age (Table 4). The hemoglobin concentrations were significantly correlated with age ( $r = 0.360$ ,  $p < 0.01$ ) and with the modernization index ( $r = 0.297$ ,  $p < 0.05$ ) but not with the food diversity scores or polyparasitism. Hemoglobin concentrations were not significantly lower in children infected with hookworm or *T. trichuria* compared with uninfected children. However, the best reduced regression model for predicting hemoglobin values included the modernization index, age and the presence of hookworm (Table 4).

## DISCUSSION

The data presented in this study are from a subsample of children who were part of a larger survey which obtained baseline information about the nutritional and parasitic status of Guaymi Indians (11, 12, 16). The selection of the subsample was designed to make the observations indepen-

TABLE 4  
REGRESSION MODELS FOR PREDICTING NUTRITIONAL STATUS OF GUAYMI CHILDREN

Reduced Regression Models	F	r <sup>2</sup>	p
Vitamin A ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) = $23,8 - 4,9(\text{ASCARIS})^1 + 0,05 (\text{AGE})$ (2,2) <sup>2</sup> (0,02)	4,9	0,24	0,01
Carotenoids ( $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) = $(-4,2) - 50,9(\text{ASCARIS}) + 8,8(\text{MI}) + 0,4 (\text{AGE})$ (21,0) (6,8) (0,64)	5,2	0,23	0,01
WA (Z-score) = $(-2,92) + 0,36(\text{MI}) + 0,16 (\text{FD})$ (0,11) (0,09)	5,5	0,19	0,01
HA (Z-score) = $(-3,98) + 0,30 (\text{MI}) - 0,32 (\text{POLYPARA})$ (0,10) (0,16)	6,4	0,21	0,01
WH (Z-score) = $(-1,68) + 0,19(\text{MI}) + 0,02 (\text{AGE})$ (0,14) (0,006)	9,0	0,18	0,01
Hematocrit (%) = $34,1 + 0,02(\text{AGE}) + 0,93 (\text{HOOKWORM})$ (0,01) (0,90)	2,9	0,11	0,10
Hemoglobin (g/dl) = $10,2 + 0,17 (\text{MI}) + 0,006 (\text{AGE}) - 0,54 (\text{HOOKWORM})$ (0,10) (0,003) (0,36)	3,3	0,22	0,05

1. Variables in parenthesis are: ASCARIS - presence or absence of infections; AGE - age in months; MI - modernization index; FD - food diversity score; POLYPARA - number of intestinal parasitic genera; HOOKWORM - presence or absence of hookworm infections.

2. Number in parenthesis are standard errors of the partial beta-coefficients.

TABLE 5  
ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS BY AGE GROUPS

Age Group	Weight-for-Age Z-score	Height-for-Age Z-score	Weight-for-Height Z-score
0-2 yrs.	-0,889 ± 0,432 <sup>1</sup> (4/21) <sup>2</sup>	-1,263 ± 0,573 (8/21)	-0,253 ± 0,201 (1/21)
2-4 yrs.	-0,804 ± 0,349 (2/16)	-2,528 ± 0,295 (10/16)	-0,939 ± 0,427 (0/17)
4-8 yrs.	-0,821 ± 0,285 (2/11)	-2,279 ± 0,316 (6/11)	-1,643 ± 0,804 (0/13)
8-18 yrs.	-0,997 ± 0,259 (3/19)	-2,479 ± 0,313 (12/19)	-1,643 ± 0,804 (0/9)

1. Means ± 1 SEM.
2. Number of children greater than 2 SDs below NCHS median by total number of children measured.

dent of each other by including only the youngest member of each family unit in the sample.

Although, these data were collected in 1984, we know that the social and health situation of the Guaymi has not improved since this time. In fact, the recent economic crises that is present in Panama has not made it possible to provide additional services to the Guaymi. Further, the Guaymi population continues to remain isolated from the contemporary Panamamian culture. More importantly, the first cases of xerophthalmia in Panama, after more than a 10 year hiatus, have been reported within the Guaymi Population (1). Therefore, the associations that were identified in the present study are even more important to consider as part of developing government policies and programs that will target this high risk population.

The proportion of children with plasma vitamin A levels less than 20 µg/dl was 29% for children under 9 years of age. Others have reported that 100% of children with serum vitamin A levels less than 20 µg/dl had a positive retinol dose response (RDR) test (17). The RDR test is considered to be more sensitive to marginal levels of vitamin A deficiency suggesting that a significant number of Guaymi children had some level of vitamin A deficiency (18).

The proportion of children with serum vitamin A levels below 20 µg/dl also suggests that there were a significant number of children who were at risk for morbidity and mortality secondary to measles, diarrheal diseases and respiratory diseases (19, 20, 21). Therefore, vitamin A supplementation in this population may decrease childhood

morbidity and mortality. Vitamin A supplementation has been reported to decrease the duration of morbidity from measles complicated by pneumonia and diarrhea in a population of children who had vitamin A levels less than 20 µg/dl but where clinically apparent vitamin A deficiency was rare (19). Community vitamin A supplementation trials have also decreased total mortality in populations that have about 20% of the children with serum vitamin A levels less than 10 µg/dl and 60% of the children with concentrations levels greater than 20 µg/dl (22).

It is possible that the actual prevalence of vitamin A deficiency in the Guaymi population at the time of the survey was greater than reported in this study since it was conducted with children who volunteered for the study and were present at a health clinic on the days of the survey. Nonetheless, the variables that were included in this study represent the type of information that health workers are able to easily obtain through clinic visits and rapid community assessments (23). It also illustrates that vitamin A supplementation programs will need to reach those Guaymi children who live in more traditional households. This observation is very significant within this population, since the Guaymi live in very remote areas and in sparsely populated villages.

Our previous work in Panama (26) has indicated that the level of parasitic infections relate to the socioeconomic conditions of children living in other rural and semiurban areas of Chiriqui. The current findings with Guaymi children are congruent with those findings and that of others (27) regarding the relationship between parasitic infections

and socioeconomic status. The poorer housing conditions of the Guaymi Indians and previous studies that report they do not usually have latrines in their villages and often defecate near water sources support that the findings that a greater prevalence of parasitic infections exists among this group of children compared with other children in Panama (26, 28, 29). Although, not considered pathogenic, the presence of *E. coli* in the stool of the children, further supports that there is a fecal-oral route of transmission of diseases occurring in these children. Furthermore, the infrequent use of shoes among the Guaymi women also indicates that exposure to hookworm infections may continue past pre-school years and probably results in the increasing prevalence of infection with age as reported in this study and with our previous report that included the older Guaymi women (18).

The negative association between parasitism and nutritional status that was evident in this study has also been reported to exist in non-Guaymi children living in Panama (30, 31). Hookworm, ascariasis, and polyparasitism were the parasitological factors that had the strongest relationships with nutritional status. These relationships were identified only after adjustments were made for age because of the age range of the children who participated in the study.

The association between ascariasis and lower plasma vitamin A concentrations was reported in other children living in Panama (30). Further, this relationship was strongest in rural children who had a large proportion of their dietary vitamin A from carotenoids (30). Thus, the high correlation between plasma carotenoid and vitamin A concentrations in the present study indicate that one of the primary vitamin A sources for these Guaymi children is from the limited amount of carotenoid rich foods (7) which in the presence of ascariasis may place them at a higher risk for vitamin A deficiency. Other studies have also reported that vitamin A absorption is decreased with ascariasis as well as fat absorption which is needed to increase vitamin A absorption (32 - 35). Finally, the relationship found between hookworm infections and anemia in this study is supported by the large amount of intestinal blood loss that hookworm infections are known to cause (36).

In conclusion, the most important findings regarding the nutritional status of the children in this study are that the Guaymi children had heavy burdens of parasitic infections, accompanied by chronic undernutrition and marginal levels of iron and vitamin A status. We also were able to identify several factors that were related to nutritional status including the modernization index, age of the child and the presence of ascariasis, hookworm infections and polyparasitism.

## REFERENCES

1. Vitamin A Field Support Project (VITAL). Taller regional sobre estrategias para mejorar el estado de vitamina A en América Latina y el Caribe. Guatemala, June 57, 1990.
2. Young P. D. Ngawbe Tradition and Change Among the Western Guaymi of Panama. Illinois Studies in Anthropology. Nº. 7., University of Illinois Press, Urbana, Ill, 1971.
3. Steward JH. Handbook of South American Indians. Vol. IV. The Circum Caribbean Tribes. New York, Cooper Square, 1963.
4. Arosemena MM. Revista Lotería Volume 324, 1983.
5. National Center For Health Statistics. NCHS Growth Charts 1976. Monthly Vital Statistics Report, No. 3., Washington, D.C., DHEW Publication 7601120, Vol 25.
6. Dallman PR. New approaches to screening for iron deficiency. *J Pediatr* 90:678-681, 1977.
7. International Vitamin A Consultative Group. Biochemical methodologies for the assessment of vitamin A status. Report of the International Vitamin A Consultative Group. Washington, D.C., Nutrition Foundation, 1984.
8. Interdepartmental Committee for Nutrition and National Defense. Manual for Nutrition Surveys. 2nd. Ed., Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1963.
9. Hall A. Intestinal helminths of man: the interpretation of faecal egg counts. *Parasitology* 85:605-613, 1982.
10. Sanjur D. Social and Cultural Perspectives in Nutrition. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1982.
11. Schorr BC., Sanjur D., and Erickson E. Teenage food habits. *Journal of the American Dietetic Association* 61:415, 1972.
12. Caliendo MA and Sanjur D. The dietary status of preschool children. *Journal of Nutrition Education* 10:2, 1978.
13. Taren D. Effects of *Ascaris lumbricoides* on the Nutritional Status of Children in Chiriqui Province Republic of Panama. Doctor of Philosophy Dissertation, Ithaca, NY, Cornell University, 1986.
14. Crompton DWT, Nesheim MC, Rivera G, et al. Health and Nutrition of Guaymi Indians. A Report of a survey carried out in 1984 in Chiriqui Panama. Ithaca, NY, Cornell University, 1984.
15. SmiciklasWright H, KrebsSmith SM., KrebsSmith J. Variety in Foods. In: What is America Eating National Academy Press, Washington, D.C., 1986, pgs. 126-140.
16. Pedhauzer EJ. Multiple Regression in Behavioral Research 2nd. Edition, Holt, Rinehart and Winston, NY, 1982.
17. Tucker K., Sanjur D. Maternal employment and child nutrition in Panama. *Soc Sci Med* 26(6):605-612, 1988.
18. Sanjur D, Crompton DWT, Taren DL, et al. Intestinal parasitic infections in Guaymi Indians from Chiriqui, Panama. *Medecine and Chirurgie Digestives (France)*. In Press.
19. Flores H, Campos R, Araugo CRC, Underwood BA. Assessment of marginal vitamin A deficiency in Brazilian children using the relative dose response procedure. *Am J Clin Nutr* 40:1281-1289, 1984

20. Underwood BA. "Vitamin A Deficiency as a Public Health Problem & Assessment Methods." Presented at the IX Latinamerican Congress of Nutrition, San Juan, Puerto Rico, September 22-26, 1991.
21. Hussey GD, Klein M. A randomized controlled trial of vitamin A in children with severe measles. *New Engl J Med* 323: 160-164, 1990.
22. Feachem RG. Vitamin A deficiency and diarrhoea: A review of interrelationships and their implications for the control of xerophthalmia and diarrhoea. *Tropical Disease Bulletin* 84:R1 - R16, 1987.
23. Sommer A, Katz J and Tarwotjo I. Increased risk of respiratory disease and diarrhea in children with preexisting milk vitamin A deficiency. *Am J Clin Nutr* 40:1090-1095, 1984.
24. Rahmathullah L, Underwood BA, Thulasiraj RD, et al. Reduced mortality among children in southern India receiving a small weekly dose of vitamin A. *New Engl J Med* 323:929-935, 1990.
25. Scrimshaw SCM, Hurtado E. *Rapid Assessment Procedures for Nutrition and Primary Health Care*. United Nations University, Tokyo, 1987.
26. Holland CV, Taren DL, Crompton DWT, et al. Intestinal parasitism as an indicator of socioeconomic environment in panamanian children. *Social Science and Medicine* 26:209-213, 1987.
27. Sanjur D. Socioeconomic and cultural factors in ascariasis. In: Crompton, D.W.T., Nesheim, M.C., Pawlowski, Z.S., eds., *Ascariasis and its Prevention and Control*. London, Taylor and Francis, 1989, pp. 301-320.
28. Heckadon MS, Martijnelli de Heckadon S. El oriente chiricano: estudio preliminar sobre la situacion social. *Revista Loteria* 325:531, 1983.
29. Reeves WC, Peters CJ, Lander JJ, et al. Differences in the prevalence of hepatitis B antigen and antibody among Panamanian Indian populations. *J Infect Dis* 128:265-270, 1973.
30. Taren DL, Nesheim MC, Crompton DWT, et al. Contributions of ascariasis to poor nutritional status in children from Chiriqui Province, Republic of Panama. *Parasitology* 95:603-613, 1987.
31. Carrera E, Nesheim MC, Crompton DWT, et al. Lactose maldigestion in *Ascaris*-infected preschool children. *Am J Clin Nutr* 39:255-264, 1984.
32. Sivakumar B, Reddy V. Absorption of vitamin A in children with ascariasis. *J Trop Med Hyg* 78:1445, 1975.
33. Reddy V, Vijayaraghavan KT, Mathur KK. Effect of deworming and vitamin A administration on serum vitamin A levels in preschool children. *J Trop Pediatr* 32:196-9, 1986.
34. Mahalanabis D, Jalan KN, Maitra TK, et al. Vitamin A absorption in ascariasis. *Am J Clin Nutr* 9:1372-5, 1976.
35. Tripathy K, Duque E, Bolanos O, et al. Malabsorption syndrome in ascariasis. *Am J Clin Nutr* 25:1276-81, 1972.
36. Schad GA, Banwell JG. Hookworms. In: Warren K.S., Mahmoud, A.A.F., eds., *Tropical and Geographic Medicine*. New York, McGraw-Hill, 1984, pp.359-72.

## Estandarización de personal en diagnóstico clínico de bocio: ¿Cómo evaluar la concordancia entre examinadores de la tiroides?

Jorge Matute<sup>1</sup> y Erick Boy<sup>2</sup>

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

**RESUMEN.** El uso de las pruebas t de Student y Cochran para evaluar medidas de tendencia central, así como la prueba de F para evaluar la variabilidad, y el análisis de correlación, han sido usados en forma equivocada para evaluar concordancia entre examinadores del tiroides. En el presente artículo se presenta la prueba de Kappa intraclass (Bloch y Kraemer, 1989), así como la experiencia de su uso en Centroamérica para estandarizar a los examinadores del tiroides que participaron en las encuestas nacionales para determinar prevalencia de bocio en 1990.

**SUMMARY.** Personnel standarization in clinical diagnosis of goiter: ¿How to evaluate concordance between thyroid examiners? The use of the t Student and Cochran tests to evaluate central tendency measures, as well as the F test to evaluate variability and correlation analysis, have been incorrectly used for the evaluation of concordance between thyroid examiners. This paper presents the intraclass Kappa test (Bloch & Kraemer, 1989), as well as the experience of its use in Central America to standarize thyroid examiner personnel who participated in national surveys carried out during 1990 to determine goiter prevalence.

### INTRODUCCION

Cuando se llega el momento de evaluar si las personas entrenadas para realizar el diagnóstico de bocio por inspección-palpación lo hacen en igual forma que la persona que los entrenó, los investigadores y capacitadores se enfrentan con el problema de seleccionar la herramienta estadística más conveniente. La evaluación de concordancia (acuerdo, o reproducibilidad) es un tema que surgió en los años 50, pero no ha sido, sino hasta este último quinquenio que la metodología estadística ha desarrollado nuevas formas de evaluación más exactas; entre ellas tenemos los trabajos de Bloch y Kraemer (1), I-Kuci Lin L. y Aickin M.(2, 3).

Por lo regular el procedimiento estadístico para evaluar concordancia no se encuentra en los textos de estadística corrientes y, en algunos casos se encuentra en libros más avanzados, pero sin correcciones que la literatura moderna (como las mencionadas arriba) han incorporado.

Tradicionalmente la concordancia se ha evaluado utilizando medidas de tendencia central (i.e.: promedio y mediana), variabilidad y correlación, así como pruebas tales como la t de Student, Wilcoxon, y la de Cochran. Por ejemplo, Maclennan y colaboradores(4) utilizan el análisis de varianza para evaluar las diferencias de diagnóstico de bocio entre examinadores. Así mismo, hace algunos años en el Instituto de Centro América y Panamá (INCAP), para evaluar la concordancia de la palpación de tiroides entre el experto y los aprendices, se usaba la prueba de Cochran (con la cual se evaluaba la similitud entre prevalencias de bocio obtenidas por un observador y el estándar).

### DIFERENCIAS ENTRE CONCORDANCIA Y ASOCIACION

La prueba de Cochran no mide el grado de acuerdo entre el experto y el personal entrenado, por lo que sus resultados no pueden aplicarse para evaluar si el nuevo personal está o no estandarizado. Veamos un caso extremo: un examinador novato con una precisión pobre (poco acuerdo consigo mismo) puede producir prevalencias similares a las de su maestro, pero clasificando como

1 Biostatístico de INCAP

2 Investigador de la División de Nutrición y Salud del INCAP

bociosos a niños que para el experto son normales y viceversa. Esta prueba no evalúa la coincidencia entre experto y novato, en cuanto a lo que interesa en un ejercicio de estandarización: verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos, y falsos negativos. En un ejemplo como el citado, la prueba es sesgada para medir concordancia.

Concordancia y correlación son dos cosas muy diferentes que generalmente tienden a confundirse. Bloch y Kraemer (1) presentan un ejemplo sencillo que permite aclarar lo anterior: Cuatro diferentes jueces (estándar, juez 1, juez 2 y juez 3) califican a cinco sujetos (A,B,C,D, y E). Se supone que los jueces contestan la misma pregunta y evalúan con la misma escala.

Los resultados de la Tabla 1 indican que únicamente el Juez 1 posee acuerdo con el Juez Estándar. Si se procediera a realizar las pruebas de t de Student (pareada) para evaluar si los promedios son semejantes entre el Juez Estándar y cada uno de los otros jueces, el resultado sería que con el Juez 3 los promedios son diferentes (con los Jueces 1 y 2 no se puede realizar la prueba 't' porque la varianza es cero, por lo mismo se puede inferir que el promedio del Juez 1 es

igual al del Estándar, no así del Juez 2). Si se evalúa la igualdad de las varianzas, todos los jueces poseen la misma variabilidad que el Juez Estándar (ver Tabla 1). Si se evalúa la correlación entre el Juez Estándar y los jueces 2 y 3, el coeficiente de Pearson, r, es igual uno. No es posible omitir el sesgo dado por el Juez 2, o el cambio en la escala, que presenta el Juez 3. Al hacer caso omiso de dicho sesgo o cambio en la escala, se confunde asociación con concordancia. En consecuencia, la concordancia no se puede, ni se debe medir a través de la estadística inferencial comúnmente usada para comparar medidas de tendencia central, variabilidad o correlación.

#### ¿COMO MEDIR CONCORDANCIA?

Bloch y Kraemer (1), son claros en presentar los principios para evaluar concordancia:

Que los evaluadores contesten la misma pregunta. Por ejemplo, si un médico pregunta "¿Este niño tiene bocio?" y otro médico pregunta "¿Este niño va a la escuela?", un "si" o un "no a ambas preguntas no significa acuerdo, como tampoco un "si" a la primera y un "no" a la segunda significa desacuerdo. No puede

TABLA 1  
RESULTADO DEL EXAMEN

Sujeto	Juez Estandar	Juez 1	Juez 2	Juez 3
A	1	1	2	2
B	2	2	3	4
C	3	3	4	6
D	4	4	5	8
E	5	5	6	10
Promedio	3	3	4	6
Desviación Estándar	1,58	1,58	1,58	3,16
Prueba F para igualdad de varianzas		F= 1,P>0,05	F= 1,P>0,05	F= 4,P>0,05
Promedio de la diferencia *		0	1	3
D.E de la diferencia		0	0	1.58
t		-	-	t= 4,243
Valor P		-	-	P= 0,0132

\* Promedio de la diferencia con respecto al Juez Estándar.

existir acuerdo o desacuerdo entre respuestas a preguntas diferentes.

Que los evaluadores usen la misma escala para evaluar. Por ejemplo, se les puede hacer la misma pregunta a dos médicos: "¿Es el nivel de yoduria de este niño de 20?". Si un médico está usando microgramos de yodo por gramo de creatinina y otro usa microgramos de yodo por decilitro de orina, entonces un "sí" o un "no" de los dos puede significar desacuerdo, mientras que un "sí" de uno y un "no" del otro pueden darse cuando realmente hay acuerdo respecto a la cantidad de yoduria en el niño.

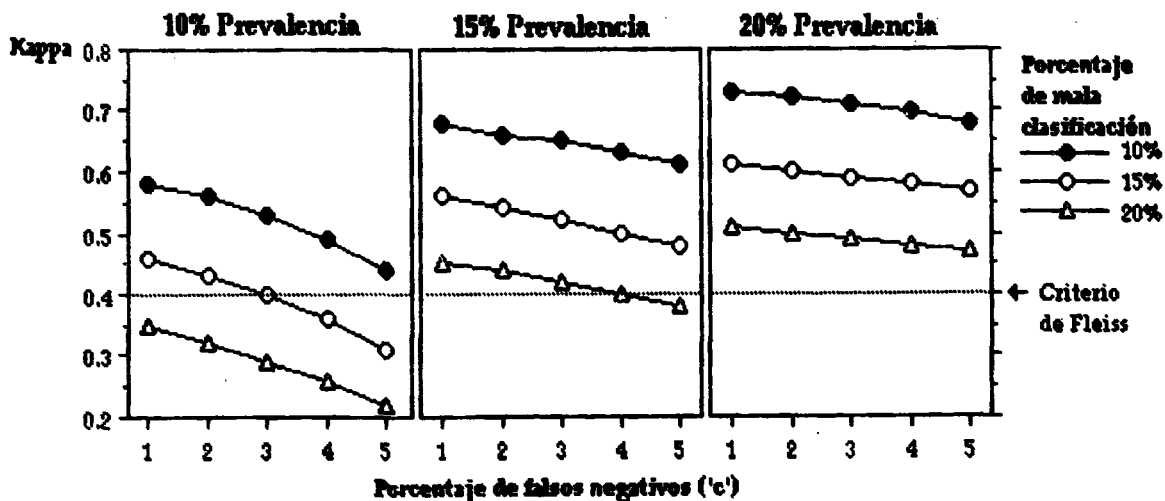
Los estadísticos que miden concordancia son Kappa Intraclase (1) para variables discretas, y el Coeficiente de Correlación de Concordancia (2) para variables continuas. Para evaluar la estandarización de los examinadores de tiroides en las últimas encuestas realizadas en Centroamérica (1990) hemos utilizado Kappa Intraclase, bajo el criterio de Fleiss (5) para establecer el grado de acuerdo, el cual es más estricto que el criterio presentado por Landis y Koch (6) (ver Tabla 2).

Más adelante recomendamos que los lugares donde se realicen los ejercicios de estandarización tengan como mínimo un 10% de prevalencia. Usando este criterio y deseando un porcentaje bajo de mala clasificación en las personas examinadas, el criterio de Fleiss es muy "permisivo" para tomar la decisión de que realmente existe concordancia entre dos jueces, además este criterio no toma en cuenta el hecho de que el valor Kappa cambia de acuerdo a la prevalencia y al porcentaje de mala clasificación. Esto se puede ver en la Gráfica 1, donde a mayor prevalencia sube el valor de Kappa (ver la tendencia de los tres paneles); así como a mayor porcentaje de mal clasificados se obtiene un Kappa menor. El criterio sugerido por Fleiss tolera una elevada proporción de mala clasificación cuando las prevalencias son altas.

Con base en los resultados presentados en la Gráfica 2, aceptando entre un 10% y un 15% de mala clasificación, y asumiendo una prevalencia entre 10% y 20%, sugerimos que se use el criterio presentado en la Tabla 3 para establecer el grado de acuerdo.

TABLA 2  
CRITERIO DE FLEISS PARA ESTABLECER EL GRADO DE ACUERDO

Valor de Kappa	Interpretación
<0,40	No hay acuerdo
0,40-0,75	Acuerdo intermedio (aceptable)
>0,75	Buen acuerdo (excelente)

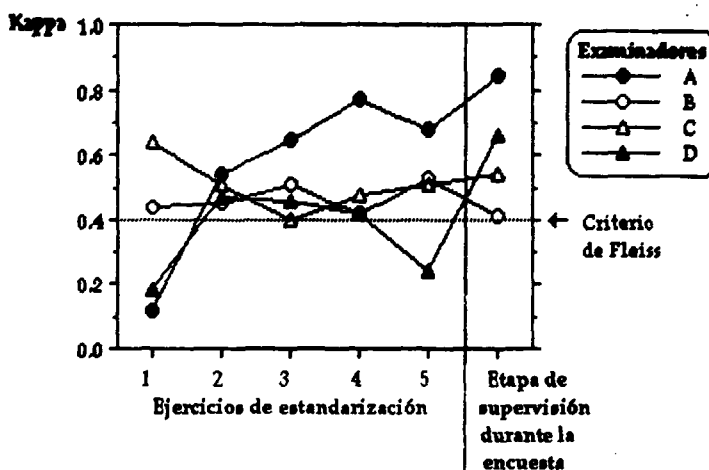


GRAFICA 1

VALORES DE KAPPA CON DIFERENTES PREVALENCIAS Y PORCENTAJES DE MALA CLASIFICACIÓN. A mayor prevalencia, el valor de Kappa sube (ver la tendencia de los tres paneles). Valores de Kappa altos con una prevalencia alta, aceptan un mayor porcentaje de mal clasificados usando el criterio de Fleiss.

TABLA 3  
CRITERIO PARA ESTABLECER EL GRADO DE ACUERDO DE LOS VALORES DE KAPPA

Prevalencia 10%-15%		Prevalencia de 15%-20%		Interpretación
10% mal clas.	15% mal clas.	10% mal clas.	15% mal clas.	
<0,50	<0,40	<0,55	<0,50	No hay acuerdo
0,50-0,60	0,40-0,50	0,55-0,65	0,50-0,60	Acuerdo inaceptable
>0,60	>0,50	>0,65	>0,60	Acuerdo aceptable



GRAFICA 2

RESULTADOS DE KAPPA EN EL PROCESO DE ESTANDARIZACION DE EXAMINADORES DE LA ENCUESTA PARA LA PREVALENCIA DE BOCIO A NIVEL NACIONAL EN EL SALVADOR, 1990.

De esta figura se deduce que el examinador 'D' no tenía capacidad para producir resultados confiables al finalizar la capacitación. Así mismo, se puede observar que los examinadores 'B' y 'C' requerían una mayor supervisión, dado que al finalizar la capacitación su grado de acuerdo con el estándar apenas cumplía con el requisito mínimo de aceptabilidad utilizado en ese entonces.

METODOLOGIA EMPLEADA EN EL INCAP

A continuación se presenta la metodología que utilizó el INCAP para evaluar la estandarización del nuevo personal en sus últimas encuestas nacionales (El Salvador 1990 y Panamá 1990): una vez impartida la parte teórica para el personal en entrenamiento (no necesariamente médico), se realizaron ejercicios consecutivos de estandarización, examinando únicamente entre 30 y 50 sujetos en cada ejercicio para evitar fatiga, y malos hábitos semilógicos. Los examinadores se ubicaron en posiciones que no permitían conocer diagnósticos hecho por sus compañeros vecinos o el estándar. Posteriormente los examinadores re-evalúan a todos los sujetos cuyos diagnósticos (bocio si, bocio no) no concuerdan con el diagnóstico del estándar. Los ejercicios se realizan en

grupos con prevalencia de bocio igual a, o mayor del 10% y se continuaron hasta que el índice de Kappa Intraclass, de todos los examinadores, llegó a un valor aceptable en dos pruebas consecutivas (>0.40, según Fleiss). La metodología anteriormente expuesta, así como el estadístico usado (Kappa Intraclass) resultaron sumamente valiosos, para la estandarización del personal que realizó las encuestas en 1990, tanto para fines docentes como para motivar en el personal la autocrítica necesaria, que les permitió superarse en la mayoría de los casos y en algunos otros permitió a los coordinadores de la encuesta identificar al personal que no podía ser utilizado en la recolección de datos. Al personal en entrenamiento se le presentaba los resultados en forma gráfica (ver Gráfica 2). De la Gráfica 2 se deduce que el examinador 'D' no estaba en capacidad de producir

resultados confiables al finalizar la capacitación. Así mismo, en la Gráfica 2 se puede observar que los examinadores 'B' y 'C' requerían una mayor supervisión, dado que al finalizar la capacitación, su grado de acuerdo con el estándar apenas cumplía con el requisito mínimo de aceptabilidad utilizado en ese entonces. La experiencia derivada de estas encuesta ha modificada los criterios utilizados para predecir el grado de acuerdo aceptable entre Estándar y examinadores en entrenamiento. De la Gráfica 2 se puede derivar que mientras Kappa acusa un grado de acuerdo aceptables según Fleiss con prevalencias altas, resulta pragmáticamente útil elevar el punto de quiebre para establecer acuerdo.

Cabe resaltar que este indicador de concordancia (Kappa Intraclase), también se utilizó posteriormente durante la supervisión de la encuesta, para conocer si después de algún tiempo había algún cambio en la concordancia de los examinadores, con respecto al experto. Para el caso con el examinador 'D', Kappa Intraclase permitió que se tomara la decisión de hacer el diagnóstico tiroideo por acuerdo entre dos examinadores, evitando el sesgo que dicho examinador hubiera cometido de haber trabajado sólo. Cuando se trata de conocer la concordancia entre un evaluador recién entrenado y la persona estándar, utilizando Kappa Intraclase (Ki), esta se puede calcular fácilmente de la siguiente manera (1):

Partimos de una tabla 2 x 2:

		Diagnóstico del Examinador Estándar	
		bocio	no bocio
Diagnóstico del Examinador en Entrenamiento	bocio	a	b
	no bocio	c	d

$$n = \text{total de sujetos observados} = a + b + c + d$$

$$P = \text{Probabilidad de acuerdos positivos} = \frac{2a + b + c}{2n}$$

$$Ki = \text{Kappa intraclase} = \frac{4(ad-bc)-(b-c)^2}{(2a + b + c)(2d + b + c)}$$

Var(Ki) = Varianza de Kappa intraclase =

$$= \frac{(1-Ki) \left[ (1-Ki)(1-2Ki) + \frac{Ki(2-Ki)}{2P(1-P)} \right]}{n}$$

$$IC_{95\%} = \text{Intervalo de confianza al 95\% para Ki} = Ki \pm 1.96 \sqrt{\text{var}(Ki)}$$

EJEMPLO

		Diagnóstico del Examinador Estándar	
		bocio	no bocio
Diagnóstico del Examinador en Entrenamiento	bocio	30	8
	no bocio	11	81

N= 130

$$P = \frac{2 \cdot 30 + 8 + 11}{2 \cdot 130} = \frac{79}{2 \cdot 130} = 0.303846$$

$$Ki = \frac{4(30 \cdot 81 - 8 \cdot 11) - (8 - 11)^2}{(2 \cdot 30 + 8 + 11)(2 \cdot 81 + 8 + 11)} = \frac{9359}{14299} = 0.6545213$$

Esto quiere decir que la concordancia del examinador recién entrenado con la del examinador estándar es aceptable. Pero es conveniente calcular el intervalo de confianza de este estimador, para observar si el limite inferior todavía entra entre la categoría de aceptable:

$$\text{Var}(Ki) = \frac{X + \frac{0.6545213(2 - 0.6545213)}{2 \cdot 0.303846(1 - 0.303846)}}{130}$$

donde X = (1-0.6545213)(1-0.6545213)(1-2\*0.6545213)

$$\text{Var}(Ki) = \frac{0.6822863}{130} = 0.0052284$$

Intervalo de confianza al 95% para Ki

$$0.6545213 \pm 1.96 \sqrt{0.0052484} = (0.512528, 0.7965146)$$

Intervalo que se interpreta, como que el verdadero valor de Kappa Intraclase para concordancia puede ser desde 0.512 hasta 0.796. Observamos que el valor inferior todavía se encuentra en la categoría de aceptable, y que el valor superior apenas pasa a la categoría de buen acuerdo, por lo que podemos concluir que esta persona recién entrenada posee un acuerdo aceptable con la persona estándar.

#### TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra es esencial para obtener valores de Kappa confiables y precisos. Flack V.(7) brinda las fórmulas necesarias para el cálculo de éste así como una tabla con tamaños de muestra para diferentes valores de precisión y poder. Si le es imposible conseguir el artículo de Flack, recomendamos que cada ejercicio se realice con no menos de 100 personas.

#### DISCUSION Y CONCLUSIONES

El uso de la prueba Kappa intraclase permitió tener una evaluación en el campo de estandarización del personal que participó del personal en las encuestas de prevalencia de bocio en El Salvador y Panamá (1990), en forma rápida, fácil y con un sesgo minimizado y posible de estimar en las evaluaciones de prevalencia. Para futuros ejercicios de estandarización es recomendable buscar lugares que posean prevalencia de bocio mayor del 10% (si está entre 10% y 20%, se pueden usar los criterios de grado de acuerdo indicados en la Tabla 3). El diagnóstico del tamaño de la tiroides por consenso entre dos evaluadores, cuando uno de ellos no logra alcanzar el grado aceptable de acuerdo durante la etapa de estandarización, disminuye el sesgo en la estimación de la prevalencia. Por otra parte, la prueba no se limita a medir acuerdo entre examinadores de la tiroides. Su uso potencial incluye todas aquellas instancias en las que es necesario asegurar un grado óptimo de concordancia entre un estándar conocido y aceptado con los resultados

obtenidos mediante pruebas nuevas o examinadores en entrenamiento. Es necesario resaltar el uso de este estadístico cuando de la calidad de la información depende la toma de decisión para seleccionar individuos, áreas o grupos que recibirán intervenciones no siempre inócuas. Existe aún la necesidad de crear una guía metodológica para llevar a cabo el proceso de estandarización: este documento representa el primer paso para la elaboración de dicho manual. La guía deberá contemplar el tamaño adecuado de muestra para cada ejercicio de estandarización, así como el número de ejercicios que se deben realizar para contemplar el entrenamiento del personal y para garantizar la calidad de los resultados producidos durante las encuestas. Así mismo, dicha guía deberá contemplar la forma de ajustar las estimaciones de prevalencia cuando se conoce el sesgo introducido por los examinadores. En esta ocasión no hemos tocado el uso de Kappa para evaluar concordancia cuando la respuesta no es únicamente presencia de bocio si o no, sino que se desea evaluar la concordancia cuando se realiza clasificación de bocio (no hay bocio, 1a, 1b, 2 y 3). Para esto se remite al lector al artículo de Aickin (3).

#### REFERENCIAS

1. Bloch D. & Kraemer H. 2x2 Kappa Coefficients: measures of agreement or association. *Biometrics*, 45:269-287, 1989.
2. I-Kuci Lin, L. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*. 45:255-268, 1989.
- 3.- Aickin, M. Maximun likelihood estimation of agreement in the constant predictive probability model, and its relation to Cohen's Kappa. *Biometrics*, 46:293-302, 1990.
- 4.- MacIennan R, Gaitán & Miller M.C. Observer variation in grading and measuring the thyroid in epidemiological surveys. In: *Endemic Goiter*. John Stanbury (Ed). Ginebra, PAHO, 1969, 76-77.
5. Fleiss, J. *Statistical Methods for Rates and Proportions*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1981, 218.
6. Landis J. R, y Koch G. The Measurements of observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33:159-174, 1977.
7. Flack V, Afifi A. & Lanchenbruch P. Sample size determinations for the two rater Kappa Statistic. *Psycometrika*, 53:321-325, 1988.

## Influencia de la nutrición en la capacidad funcional de un grupo de ancianos españoles

*Rosa María Ortega<sup>1</sup> ; Pedro Andrés<sup>1</sup> ; Agustín Meléndez<sup>2</sup> ; Estrella Turrero<sup>1</sup> ; María Jesús Gaspar<sup>1</sup> ;  
Marcela González-Gross<sup>1</sup> ; Guadalupe Garrido<sup>3</sup> ; Manuel Chamorro<sup>4</sup> ; Elías Díaz-Albo<sup>1</sup> ; Olga Moreiras-Varela<sup>1</sup>*

Univ. Complutense de Madrid. Instituto Nacional de Educación Física, Madrid. Centro Nacional de Medicina Deportiva (I.C.E.F. y D.)

**RESUMEN.** Se ha valorado la influencia del estado nutricional (cuantificado mediante datos dietéticos, antropométricos y bioquímicos) en la capacidad funcional (medida por la adiposidad, fuerza de manos y piernas en flexión y extensión y flexibilidad) de un grupo de 11 ancianos institucionalizados de Madrid (España). Los principales problemas nutricionales que condicionan mermas funcionales son la obesidad, hipercolesterolemia, déficits en proteínas y micronutrientes. La influencia adversa de la obesidad y hipercolesterolemia en la capacidad funcional del anciano se pone de relieve por la existencia de relaciones inversas entre la flexibilidad y la fuerza de manos y piernas con el grado de adiposidad, con el espesor de los pliegues cutáneos con la colesteroolemia. Respecto a la influencia de la dieta, existen relaciones positivas entre el consumo de alimentos de la dieta, existen relaciones positivas entre el consumo de alimentos y de la mayor parte de los nutrientes con la fuerza de manos y piernas, y la significación estadística se alcanza con frecuencia en el caso de las proteínas, hierro, zinc, magnesio y vitamina B<sub>6</sub>, seguidas de la vitamina C, niacina, tiamina, ácido fólico y vitamina E. En relación con los parámetros sanguíneos las correlaciones de mayor valor son las existentes entre parámetros funcionales y niveles de hierro, ferritina y vitamina C. Nuestros resultados contribuyen a confirmar la influencia de la nutrición en la capacidad funcional del anciano y ponen de relieve la necesidad de mejorar la dieta de las personas de edad, evitando las deficiencias en micronutrientes, así como la conveniencia de incrementar la actividad física del colectivo, ambas medidas supondrán una importante ayuda en la mejora sanitaria y funcional de las personas de edad avanzada.

**SUMMARY.** Influence of the nutritional status on the functional capability of Spanish elderly. The present study analyzes the influence of the nutritional status on the functional capability of 11 institutionalized elderly living in Madrid (Spain). Nutritional status was evaluated by dietetic, anthropometric, hematological and biochemical data and functional status was evaluated considering adiposity, strength in hands and legs bended and stretched and flexibility. The most important nutritional problems that conditional functional wastages are obesity, hipercolesterolemia and protein and micronutrient deficiency. The adverse influence of obesity and hipercolesterolemia on the functional capacity of the elderly is shown by the inverse relationship between flexibility and strength in hands and legs with the adiposity degree, with the thickness of skin folds and the cholesterolemia. In reference to the diet's influence, there are positive correlations between food intake and most of the nutrients with hand and legs strength, and there are statistical significances for proteins, iron, zinc, magnesium and pyridoxine, and also for vitamin C, niacin, thiamin, folic acid and vitamin E. For blood values, the mayor correlation exists between functional parameters and iron, ferritin and vitamin C levels. Our results contribute to confirm the influence of nutrition on the functional capacity of the influence of nutrition on the functional capacity of the elderly and manifest the necessity of improving the elderly's diet, to prevent micronutrient deficiency and also the necessity of increasing their physical activity. Both measures will mean an important help for sanitary and functional improvement of the elderly.

1 Dpto. de Nutrición, F. de Farmacia, Univ. Complutense de Madrid.  
2 Dpto. de Fisiología del Ejercicio. Instituto Nacional de Educación Física. Madrid.  
3 Dpto. de Rendimiento Humano. Instituto Nacional de Educación Física, Madrid.  
4 Centro Nacional de Medicina Deportiva (I.C.E.F. y D.), Madrid.

5 Centros Gerontológicos de Cáritas de Madrid.  
\* Dirección de correspondencia Profa. Dra. Rosa María Ortega Dpto. de Nutrición. F. de Farmacia Univ. Complutense 28040- Madrid (España) Tlfno. (91) 3941810.  
Trabajo realizado con una ayuda del Fondo de Investigaciones Sanitarias de la Seguridad Social (FISs). España.

## INTRODUCCION

La nutrición juega importante papel en el mantenimiento y restauración de la salud y en la consecución del máximo bienestar y capacidad funcional de los individuos (1-7).

En el caso de los ancianos, las deficiencias nutricionales son más frecuentes que en otros colectivos y sus efectos son probablemente mucho más severos (7-9).

Las prácticas nutricionales erróneas condicionan la aparición de enfermedades, que pueden llevar a la muerte o por lo menos hacer menos agradable la vida del individuo, facilitando la aparición de enfermedades y limitando sus posibilidades de vida independiente (6). Incluso las deficiencias ligeras pueden influir negativamente en la capacidad de realización de diversas funciones físicas y mentales, perjudicando gravemente a la calidad de vida del anciano (1,5,10).

En general, la edad avanzada es un período de acumulación de deterioros y disminución de capacidades funcionales (5), contra esto se debe luchar dado que la óptima capacidad o aptitud física es una de las más importantes manifestaciones de la salud corporal (11).

Teniendo en cuenta que en todas las sociedades desarrolladas se está produciendo un gran aumento del número de ancianos (5), comprendemos la importancia de profundizar en su problemática nutricional, como un primer paso encaminado a introducir medidas correctoras, que supondrán una ventaja sanitaria y funcional.

Por ello el objetivo del presente trabajo es valorar el estado nutritivo de un colectivo de ancianos y analizar la influencia que la situación nutricional tiene sobre su capacidad funcional.

## MATERIAL Y METODOS

Se ha valorado el estado nutricional y la capacidad funcional de un colectivo de 11 ancianos (4 varones y 7 mujeres), con edades comprendidas entre 70 y 84 años ( $78.1 \pm 4.1$  años) ( $X \pm DS$ ), que viven en una Residencia de Tercera Edad de la Comunidad Autónoma de Madrid.

De los 58 ancianos acogidos en la residencia fueron los que voluntariamente se prestaron a participar en el estudio, su actividad física, aunque muy escasa ( $143 \pm 56$  minutos por día de actividades que suponen un gasto calórico similar o superior a andar) es superior a la media de toda la residencia ( $92 \pm 98$  min./día). Ninguno de estos ancianos consumió suplementos de nutrientes, durante el tiempo de realización del estudio.

Para valorar su estado nutricional se recogieron datos dietéticos, antropométricos y bioquímicos:

### *Estudio Dietético:*

Se empleó la técnica de "Pesada Precisa Individual" de los alimentos ingeridos durante 5 días, uno de los cuales era

domingo. Posteriormente los alimentos fueron transformados en energía y nutrientes utilizando las Tablas de Composición de Alimentos del Instituto de Nutrición (12). La comparación de las ingesta con las Recomendaciones Dietéticas (RD) (13), permite enjuiciar si la dieta es adecuada o inadecuada.

### *Estudio Antropométrico:*

Los pliegues cutáneos fueron medidos, por duplicado, en el lado del cuerpo no dominante, utilizando un lipocalibre HOLTAIN que tiene una presión constante de  $10 \text{ g/mm}^2$  de superficie de contacto (rango 0-40 mm). El peso y la talla fueron determinados con el individuo descalzo con una báscula digital electrónica (modelo SECA ALPHA) (rango: 0.1 - 150 Kg) y un estadiómetro digital HARPENDER (rango 70-205 cm), respectivamente.

Las circunferencias corporales se determinaron con una cinta métrica de acero flexible (rango 0-150 cm) y los diámetros con un antropómetro digital Hanpender (rango 0-120 cm).

Una vez tomados los datos antropométricos, siguiendo las normas internacionales recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (14), hemos calculado:

- 1) Indicadores de adiposidad relativa como: El índice de Quetelet (peso en  $\text{kg}/\text{altura}^2$  en  $\text{m}$ ), de Rohrer (peso  $\text{altura}^3$ ) y ponderal (talla  $\text{cm}/\text{peso}$  en  $\text{kg}$ ), así como la desviación del peso corporal respecto del ideal, estableciendo el peso ideal de acuerdo con los criterios de Broca (peso ideal = talla en  $\text{cm}-100$ ) y de Lundh que fija el peso ideal en  $6 + 0,78$  (talla en  $\text{cm}-100$ ) +  $(0,17 \times \text{edad para varones})$  y en  $7 + 0,71$  (talla en  $\text{cm}-100$ ) +  $(0,17 \times \text{edad para mujeres})$  (15), así como la desviación (%) del peso real respecto del ideal:  $(\text{real} \times 100/\text{ideal})$  (9).
- 2) El porcentaje de grasa corporal: Se presenta la media de la calculada mediante la utilización de diversos criterios: - Utilizando las tablas de Durnin Womersley (16). - A partir de la densidad mediante las ecuaciones de Siri (17)  $[(495/\text{densidad}-450) \times 100]$  y de Brozek y col. (18)  $[457/\text{densidad}-414,2]$  en las que la densidad se obtiene de la suma de 4 pliegues (SP) utilizando las ecuaciones específicas, establecidas para cada edad y sexo por Durnin y Womersley (16). -Teniendo en cuenta la fórmula de Herrero y Fillat (19). A partir del porcentaje de la grasa corporal y teniendo en cuenta el peso (P) del anciano, se obtiene la masa grasa (MG)  $[\text{MG} = \% \text{grasa} \cdot \text{P}/100]$  y la masa libre de grasa (FFM)  $[\text{FFM} = \text{P} - \text{MG}]$  (20).
- 3) La masa muscular: para tener un conocimiento de la proteína hemos determinado el área del brazo (AMB) y la circunferencia muscular del brazo (CMB) a partir de las ecuaciones de Jelliffe (21). Las modificaciones de Frisancho (22) y Heymsfield y col. (23) permiten conocer el Area muscular del brazo corregida o libre de

hueso y la masa muscular.

#### *Estudio Hematológico y Bioquímico*

La toma de muestra se realizó por punción de la vena cubital a primera hora de la mañana, en ayunas, en la misma residencia y a partir de ella se procedió a determinar:

El recuento de hematíes, hemoglobina, índice hematocrito, volumen corpuscular medio (VCM) y Hemoglobina corpuscular media (HCM), utilizando un analizador Coulter S Plus (24).

Las proteínas plasmáticas totales (25) y albúmina (26) por método colorimétrico, las globulinas (por operación matemática a partir de los anteriores parámetros), la transferrina por inmunonefelometría (27) y la ferritina por inmunoensayo tipo "Sandwich" (28).

También se cuantificaron los triglicéridos (29), colesterol (30), colesterol-HDL por precipitación previa del resto de las fracciones (31) y determinación enzimático-colorimétrica (30), colesterol-VLDL por cálculo matemático a partir de los triglicéridos, dividiendo a éstos por cinco y colesterol-LDL de acuerdo con la fórmula de Friedewald y col. (32).

El hierro sérico se determinó por método colorimétrico (33). Las vitaminas A y E por HPLC (34). El status en tiamina, riboflavina y niacina fue determinado cuantificando los coeficientes de activación de la eritrocito transcetolasa ( $\{-\text{ETC}$ ), eritrocito glutatión reductasa ( $\{-\text{EGR}$ ) y eritrocito glutámico oxalacético transaminasa ( $\{-\text{EGOT}$ ) respectivamente coeficientes que aumentan en situaciones deficitarias (35). El ácido fólico y la vitamina B12 en suero se valoran mediante radioinmunoensayo de tipo competitivo (36) y la vitamina C por método colorimétrico (37).

#### *Estudio Funcional*

La capacidad funcional de los ancianos fue valorada teniendo en cuenta su adiposidad corporal, así como por fuerza y flexibilidad (11).

Los test de adiposidad corporal se basan en la medición de los pliegues cutáneos, a los que ya hemos hecho referencia en el estudio antropométrico.

Como test de función músculo esquelética se ha cuantificado la fuerza de ambas manos utilizando un dinamómetro estandarizado Takei en el que el anciano aplica el máximo de fuerza teniendo el brazo completamente extendido y paralelo al cuerpo (38). También se ha registrado la fuerza de ambas piernas, en flexión y en extensión con un dinamómetro Isokinex (38). Todas las medidas se realizaron por duplicado y se consideran los resultados medios de ambas medidas.

Por último se ha valorado la flexibilidad de la espalda, midiendo la distancia que se alcanza con las manos, sentado en una camilla, con las piernas estiradas sobre ella y

flexionando el cuerpo sobre las piernas (38). Se consideran valores medios de tres medidas.

#### *Estudio Estadístico*

Se presentan valores medios y la desviación standard de los resultados obtenidos, para la total de los ancianos agrupados por su sexo. Las diferencias entre medias se han calculado utilizando la prueba de la t de Student, para los datos que presentan distribución homogénea y mediante el test de Mann Whitney para los que muestran distribución no homogénea. También se analiza la correlación entre datos dietéticos, antropométricos y bioquímicos con los funcionales, utilizando test paramétricos (Spearman).

### RESULTADOS

El estudio dietético pone de relieve un consumo bastante elevado de lácteos y muy escaso en relación con el pescado y las leguminosas. (Tabla 1).

La tabla 2 presenta el consumo de nutrientes por parte del colectivo estudiado, y la gráfica 1 esquematiza la contribución de la ingesta de energía y nutrientes a las recomendaciones dietéticas (RD), esta tabla y esta gráfica ponen en relieve la existencia de consumo muy deficitario en relación con la energía (90.9% de déficits), fibra y hierro (72.7% de deficiencias para cada uno), zinc, magnesio, piridoxina, vitamina D y E (con un 100% de deficiencias) y un aporte muy superior al recomendado de iodo, niacina, vitaminas B12, C y A.

En lo que se refiere a las proteínas, calcio, tiamina, riboflavina y ácido fólico el consumo medio es del mismo orden que las RD (tabla 2, gráfica 1), existiendo algunos casos de consumo deficitario, concretamente un 9.1% (14.2% de las mujeres y 0% de los varones), 45.5% (42.9% de las mujeres y 25% de los varones), 27.3% (28.6% de las mujeres y 25% de los varones) y 27.3% (28.6% de las mujeres y 25% de los varones) de los ancianos tienen ingestas inferiores a las recomendadas en relación con las anteriores nutrientes.

Desde el punto de vista antropométrico (Tabla 3) encontramos un 27.3% de ancianos que pueden ser considerados obesos con índice de Queteler mayor de 30 kg/m<sup>2</sup> y peso superior al 130% del ideal, mientras que ningún anciano muestra déficit ponderal (menos del 90% del ideal) ni índice de Queteler deficitario (menor de 19 kg/m<sup>2</sup>).

Los datos hematológicos y bioquímicos muestran que ninguno de los ancianos tienen cifras de hemoglobina deficitaria (<12 g/dl en mujeres o <13 g/dl en varones), aunque un 27% tienen deficiencia en relación con la ferritina (<20 ng/ml) y el hierro sérico (<80 µg/dl). Un 18% de los ancianos muestran deficiencia en relación con la tiamina (&-EGR>1.3), un 25% tiene déficit en retinol (<30 µg/dl en mujeres y <35 µg/dl en varones), ninguno tiene deficiencia en piridoxina (&-EGOT>2), ni en cianocobalamina (<200 pg/ml), y en total los ancianos

muestran deficiencias ligera en relación con el ácido fólico (<6 ng/ml) y la vitamina C (<0.35 mg/dl (Tabla 4).

En relación con los lípidos séricos un 73% tienen colesterolemia superior a 220 mg/dl y un 27% tienen más de 250 mg/dl. Por otra, un 27% tienen triglicéridos séricos superiores a 200 mg/dl.

Los resultados del estudio funcional se presentan en la Tabla 5, y ponen de relieve una mayor flexibilidad en las mujeres y una mayor fuerza en los varones, mientras que las Tablas 6 y 7 presentan los coeficientes de correlación entre datos nutricionales y funcionales.

## DISCUSION

Desde el punto de vista dietético destaca el elevado consumo de lácteos, el aporte de cereales, huevos, aceite, azúcar, frutas, carnes y bebidas, algo inferior a la medida nacional (39) y el escaso consumo de pescado y leguminosa, por partes de estos ancianos (Tabla 1).

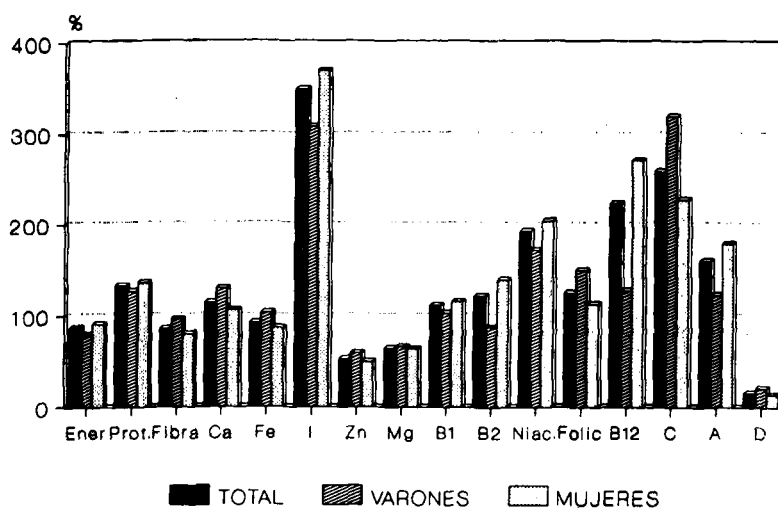
La ingesta calórica es inferior a la recomendada en un 90.9% de los casos, hecho que condiciona un consumo deficitario de micronutrientes en un importante porcentaje de la población, concretamente un 72.7%, 45.5%, 72.7%, 27.3%, 9.1%, 27.3%, 27.3%, 9.1% y 36.4% de los ancianos

TABLA 1  
CONSUMO DE ALIMENTOS POR LOS ANCIANOS ESTUDIADOS

Parámetros	Total (n=11)		Varones (n=4)		Mujeres (n=7)	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Nº Alimentos/5 días	39,6	2,3	39,7	0,6	39,5	2,9
Alimento (g/día)	1496,7	206,3	1609,3	270,3	1440,3	165,6
Cereales (g/día)	118,4	31,6	137,6	17,5@	108,8	33,9@
Leche (g/día)	398,1	147,4	406,9	221,6	393,7	122,6
Huevos (g/día)	11,2	7,6	17,9	7,3*	7,9	5,5*
Aceite (g/día)	39,0	6,3	41,9	3,3	37,5	7,2
Azúcar (g/día)	18,2	24,0	26,5	39,2	14,0	15,6
Verduras (g/día)	360,2	93,1	430,7	76,2*	325,0	84,1*
Leguminosas (g/día)	0	0	0	0	0	0
Frutas (g/día)	213,7	72,5	202,1	63,6	219,5	81,7
Carne (g/día)	127,2	15,6	133,2	13,6	124,1	16,8
Pescados (g/día)	21,0	0	21,0	0	21,0	0
Agua (g/día)	1024	140	1079	213	996	103
Alcohol (g/día)	2,9	3,9	1,9	2,4	3,3	4,6

\* Diferencia significativa en función del sexo ( $p < 0,05$ )

@Diferencia casi significativa en función del sexo ( $p < 0,1$ )



GRAFICA 1

Contribución a las RD (%) de la energía y nutrientes ingeridos

tienen ingestas deficitarias de fibra, calcio, hierro, tiamina, riboflavina, cianocobalamina, ácido fólico y vitaminas C y A. Mientras que la totalidad de los ancianos tienen consumos deficitarios de zinc, magnesio, piridoxina de la vitamina D y E.

La baja ingesta energética, frecuente en colectivos de ancianos (5.8) se debe probablemente al descenso de las necesidades de energía que se produce con la edad, como consecuencia de los cambios de composición corporal y la menor actividad física (8) y aunque la densidad de

nutrientes de los alimentos consumidos, sea bastante elevada, la ingesta de micronutrientes está en muchos casos por debajo de las RD (5) (Tabla 2, Gráfica 1).

El alto contenido proteico de las dietas (Tabla 2) protege frente a la malnutrición proteica. Aunque se dan algunos casos de ingesta inferior a la recomendada (9.1%), esto no trasciende a nivel bioquímico y ninguno de los ancianos presenta cifras deficitarias en relación con la albuminemia ni respecto al resto de las proteínas séricas cuantificadas (tabla 4).

TABLA 2  
INGESTA DE ENERGIA Y NUTRIENTES

Parámetros	Total (n=11)		Varones (n=4)		Mujeres (n=7)	
	Media	ds	Media	ds	Media	ds
Energía (Kcal/día)	1614,44	225,32	1746,67	224,05@	1548,33	213,12@
Proteínas (g/día)	60,32	14,79	68,81	11,68@	56,08	15,19@
Lípidos (g/día)	80,95	12,09	86,74	14,76	78,05	10,80
Colesterol (mg/día)	227,31	52,89	264,96	63,11*	208,48	40,07*
Carbohidratos (g/día)	162,99	31,19	182,06	27,94@	153,46	30,28@
Fibra (g/día)	17,09	3,91	19,19	4,54	16,04	3,50
Calcio (mg/día)	758,29	199,73	782,67	291,99	746,10	170,84
Hierro (mg/día)	9,25	1,71	10,35	1,94@	8,69	1,59@
Iodo ( $\mu$ g/día)	369,11	120,35	403,67	183,81	351,83	92,66
Zinc (mg/día)	7,95	1,16	8,88	1,18*	7,49	0,90*
Magnesio (mg/día)	204,66	38,38	231,43	48,43@	191,28	27,82@
Tiamina (mg/día)	0,84	0,15	0,90	0,18	0,81	0,15
Riboflavina (mg/día)	1,38	0,60	1,18	0,95	1,48	0,42
Niacina (mg/día)	23,99	3,27	25,44	3,90	23,26	3,02
Vitamina B <sub>6</sub> (mg/día)	1,08	0,16	1,17	0,17@	1,03	0,15@
Fólico ( $\mu$ g/día)	251,13	81,03	300,97	86,82@	226,21	72,49@
Cianocobalamina ( $\mu$ g/día)	4,47	6,35	2,56	0,63	5,43	7,82
Vitamina C (mg/día)	155,40	64,72	192,25	46,72@	136,97	67,86@
Vitamina A ( $\mu$ g/día)	1209,85	1199,04	927,83	195,26	1350,86	1487,78
Vitamina D ( $\mu$ g/día)	0,40	0,16	0,52	0,19*	0,34	0,13*
Vitamina E (mg/día)	4,18	0,77	4,45	0,84	4,05	0,78

\* Diferencia significativa en función del sexo ( $p < 0.05$ )

@ Diferencia casi significativa en función del sexo ( $p < 0.1$ )

TABLA 3  
RESULTADOS DE LAS MEDIDAS ANTROPOMETRICAS REALIZADAS

Parámetros	Total (n=11)		Varones (n=4)		Mujeres (n=7)	
	Media	ds	Media	ds	Media	ds
Edad (años)	78,11	4,14	76,33	5,69	79,00	3,41
Peso (kg)	60,11	10,38	67,37	5,95*	56,48	10,53*
Talla (cm)	150,07	8,69	159,83	4,96*	145,18	5,03
P. Bicipital (mm)	8,26	4,52	5,90	1,30@	9,43	5,19@
P. Tricipital (mm)	15,93	8,23	8,70	6,52*	19,55	6,65*
P. Subescapular (mm)	14,07	4,68	11,00	3,21@	15,60	4,74@
P. Suprailiaco (mm)	14,70	7,59	8,80	3,40*	17,66	7,49*
P. Abdominal (mm)	26,34	8,19	17,50	2,12*	31,64	4,64*
C. Cadera (cm)	101,95	8,71	105,50	7,05	100,18	9,50
C. Brazo (cm)	29,68	5,89	30,13	8,27	29,46	5,29
C. Pierna (cm)	33,04	1,90	33,83	1,76	32,65	1,99
C. Muslo (cm)	46,00	5,68	50,33	5,03	43,83	4,96*
Diámetro hombro (cm)	35,07	3,00	38,05	1,93*	33,58	2,21*
Diámetro rodilla (cm)	8,69	1,49	9,73	2,15	8,07	0,53
Diámetro cadera (cm)	31,12	2,62	32,62	0,61@	30,38	2,97@
I. Quetelet (Kg/m <sup>2</sup> )	26,75	4,73	26,50	3,83	26,88	5,46
I. Rohrer (Kg/m <sup>3</sup> )	17,93	3,68	16,63	2,92	18,57	4,10
Peso Ideal (1)	52,56	7,12	60,78	3,91*	48,45	3,75*
P. Ideal/Real (%) (1)	115,09	19,64	111,48	16,53	116,90	22,18
Densidad (Kg/l) (2)	1,03	0,02	1,05	0,01*	1,02	0,01*
Grasa (%) (3)	30,92	9,50	20,67	5,48*	37,08	4,11*
Masa grasa (Kg) (3)	18,36	6,41	13,54	5,26*	21,25	5,49*
FFM (Kg) (3)	43,25	9,85	53,81	0,85*	36,92	5,96*
AMB (cm <sup>2</sup> )	43,33	26,60	54,23	43,99	37,88	15,86
MMB (Kg)	23,15	12,50	29,21	20,27	20,12	7,26

1. Teniendo en cuenta los criterios de: Broca y de Lundh, 2.- Durnin y womersley (1974), 3.- Media de la calculada a partir de las formulas de Durnin y Womersley (1974); Siri (1956); Brozec y col. (1963); Herrero y P = pliegue, C = circunferencia, I = índice, FFM = masa libre de grasa, AMB = área muscular del brazo, MMB = masa muscular.

\* Diferencia significativa en función del sexo ( $p < 0,05$ )

@ Diferencia casi significativa en función del sexo ( $p < 0,1$ )

TABLA 4  
RESULTADOS DE LOS PARAMETROS SANGUINEOS CUANTIFICADOS

Parámetros	Total (n=11)		Varones (n=4)		Mujeres (n=7)	
	Media	ds	Media	ds	Media	ds
Hematies (mill./mm <sup>3</sup> )	5,14	0,49	4,84	0,01*	5,24	0,54*
Hemoglobina (g/dl)	14,81	1,34	14,9	0,14	14,78	1,58
I. Hematocrito (%)	45,35	4,09	45,8	0,42	45,20	4,83
vcm (μ <sup>3</sup> )	88,63	7,70	94,8	1,13*	86,57	7,90*
hcm (pg)	28,99	2,38	31,0	0,14*	28,32	2,40*
Proteínas (g/L)	7,66	0,35	7,25	0,07*	7,8	0,29*
Albúmina (g/L)	4,43	0,18	4,45	0,21	4,42	0,19
Globulinas (g/L)	3,24	0,42	2,8	0,28*	3,38	0,37*
Transferrina (g/L)	2,93	0,60	2,76	0,08	2,99	0,70
Ferritina (mg/dL)	190,50	163,18	221,0	29,70	180,33	191,32
Triglicéridos (mg/dL)	141,25	76,35	112,5	3,54	150,83	87,85
Colesterol (mg/dL)	246,38	27,16	234,0	19,80	250,5	29,53
Colesterol - hdl (mg/dL)	68,38	11,15	72,0	2,83	67,17	12,86
Colesterol - vldl (mg/dL)	41,63	38,78	76,0	76,37	30,17	17,57
Colesterol - ldl (mg/dL)	136,75	50,61	87,5	91,22	153,17	25,08
Hierro (μg/dL)	129,75	51,84	157,0	9,90@	120,67	57,85@
Retinol sérico (μg/dL)	44,08	18,45	51,83	2,59	41,50	21,05
Tocoferol sérico (mg/L)	16,16	2,73	16,23	1,74	16,14	3,23
Alfa - etc	1,22	0,39	1,15	0,04	1,25	0,48
Alfa - egr	1,09	0,21	1,07	0,04	1,10	0,25
Alfa - egot	1,26	0,07	1,26	0,06	1,27	0,07
Vitamina C suero (mg/dL)	0,27	0,07	0,28	0,04	0,26	0,10
Fólico sérico (ng/mL)	3,63	1,03	2,8	0,28*	3,96	1,04*
Vitamina B <sub>12</sub> (pg/mL)	474,88	224,33	463,0	321,03	478,83	223,09

\* Diferencia significativa en función del sexo (p< 0,05)

@ Diferencia casi significativa en función del sexo (p< 0,1)

Las peculiaridades de la ingesta de energía y nutrientes (Tabla 2, Gráfica 1) coinciden con datos de otros estudios, realizados en la población española (39) y son el resultado de los hábitos alimentarios, concretados para este colectivo en la Tabla 1.

En ningún caso se encuentran indicadores antropométricos de malnutrición (Tabla 3) y sólo un 27% de los ancianos muestran deficiencias en los parámetros bioquímicos indicadores de status en hierro cuantificados, en relación con las vitaminas tampoco son muy elevados los porcentajes de déficit a nivel sanguíneo, excepto en relación con la vitamina C y el ácido fólico (Tabla 4), deficiencias relativamente frecuentes entre personas de edad avanzada (2).

Vemos que existen algunas deficiencias que pueden repercutir en la capacidad funcional del anciano (1,3,4,5), ya que puesto que las personas de edad avanzada tienen capacidad de adaptación disminuida ante cambios (7,8,9), cualquier problema nutricional puede tener en ellas una incidencia y gravedad mayor que en cualquier otra etapa de la vida. Hemos medido la capacidad funcional de los ancianos por su adiposidad, fuerza y flexibilidad,

habilidades psico-motoras necesarias para el control de los movimientos y la realización de las actividades (11).

Desde el punto de vista de la adiposidad, ninguno de los ancianos tiene deficiencia ponderal (peso inferior al 80% del ideal) o muestra signos antropométricos de malnutrición (I. de Queteler menor 19 kg/m<sup>2</sup>) (7), pero un 54.6% de ellos tienen índice de Queteler mayor de 25 y un 27.3% lo tienen superior a 30. Este 27.3% de los ancianos, tienen además un peso que supera el 130% del ideal y pueden ser considerados obesos (7), problema que contribuye a la morbilidad del anciano y supone una merma de sus capacidades físicas porque:

- La obesidad ejerce una influencia adversa en relación con la presión arterial, metabolismo de la glucosa y lípidos sanguíneos, llevando al padecimiento de desórdenes crónicos que disminuyen la eficiencia funcional de muchos ancianos (5,11,40).
- Por otra parte, la obesidad acelera el desarrollo de osteoartritis, en las articulaciones sobrecargas por el peso, lo que eventualmente impide la movilidad (40).

El efecto adverso de la obesidad en la capacidad

TABLA 5  
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FUNCIONALES REALIZADAS

Parámetros	Total (n=11)		Varones (n=4)		Mujeres (n=7)	
	Media	ds	Media	ds	Media	ds
Flexibilidad (cm)	16,86	9,94	11,54	5,67	19,52	10,94
Fuerza en Extensión (Kg)						
Pierna Derecha	15,51	6,07	22,67	2,75*	11,93	3,14*
Pierna Izquierda	19,39	6,34	24,60	2,35*	16,79	6,15
Fuerza Media	17,45	5,93	23,63	2,33*	14,36	4,43*
Fuerza de Flexión (Kg)						
Pierna Derecha	11,51	3,71	14,50	4,33*	10,02	2,55*
Pierna Izquierda	11,94	3,55	14,33	4,91@	10,75	2,32@
Fuerza media	11,73	3,60	14,42	4,62*	10,38	2,39*
Fuerza Mano Derecha (Kg)	19,73	7,61	26,70	5,39*	16,25	6,11*
Fuerza Mano Izquierda (Kg)	19,14	6,22	24,53	3,85*	16,45	5,47*
Fuerza Media (Kg)	19,44	6,83	25,62	4,34*	16,35	5,73*

\* Diferencia significativa en función del sexo (p< 0,05)

@ Diferencia casi significativa en función del sexo (p< 0,1)

funcional del anciano también se pone de relieve por la existencia de una relación inversa entre la fuerza de manos y piernas con el grado de adiposidad y con el espesor de los pliegues cutáneos, al igual que encuentran en su estudio Suboticanec y col. (7), mientras que estas medidas dinámicas presentan relación positiva con la masa corporal libre de grasa (Tabla 7). Por otra parte la flexibilidad es significativamente inferior en ancianos obesos ( $5.3 \pm 1.1$  cm) al comparar con los no obesos ( $20.2 \pm 8.6$  cm).

Vemos que un 27.3% de los ancianos padece de obesidad y un 54.6% de sobrepeso, pese a que el 90.9% del colectivo tiene deficiencia ingesta energética, esto se debe probablemente a la inactividad de los ancianos estudiados, situación doblemente peligrosa, ya que por una parte la ingesta energética inferior a la recomendada se asocia con un consumo bajo para otros muchos nutrientes y con el padecimientos de deficiencias dietéticas y por otro lado el ingreso energético superior al gasto lleva a obesidad son perjudiciales en relación con la salud y capacidad funcional (5.41).

La falta de actividad física regular se ha relacionado con un amplio espectro de enfermedades crónicas, tales como la enfermedad coronaria, hipertensión, alopecia, cáncer de colon, cáncer de mama, cáncer de pulmón, osteoporosis, diabetes no insulín-dependiente, obesidad, depresión y ansiedad (42).

Por otra parte la pérdida funcional característica del anciano resulta no sólo del proceso de envejecimiento y de las enfermedades relacionadas sino también de atrofia difusa por inactividad (5) y con un adecuado programa de ejercicio se pueden conseguir mejoras de un 5-40% en la fuerza muscular, máximo consumo de oxígeno y masa libre de grasa (43).

La actividad física aumenta la eficiencia cardiorespiratoria (11) y postpone la aparición de algunas enfermedades, como las cardiovasculares (42), de manera que los hombre activos viven más años que los inactivos, además, el ejercicio físico, aumenta la calidad de vida en los años extras que condiciona la morbilidad por diferentes procesos (42).

Como test de función músculo esquelético, que mide el esfuerzo necesario para realizar tareas, se ha cuantificado la fuerza de ambas manos y de ambas piernas en flexión y en extensión (11). La fuerza de la garra es algo inferior a la observada por Suboticanec y col (7) en ancianos de Yugoslavia, aunque también la ingesta de la mayor parte de los nutrientes (con excepción del calcio y vitamina C) es mayor en los ancianos estudiados por esos autores al comparar con los nuestros (Tabla 2). Nuestros resultados son, sin embargo similares a los indicados por Katakita y col. (2) en ancianos de UK que recibían suplementos de

vitaminas y minerales, en cantidades superiores a la mitad de las RD.

También se ha valorado la flexibilidad del tronco como medida de la resistencia del individuo a desarrollar un problema de espalda, considerando como enfermedad hipocinética (11).

Se observa una relación positiva entre el consumo de alimentos en general y el de cada uno en concreto con la fuerza de manos y piernas (Tabla 6), esto es lógico si tenemos en cuenta que al aumentar el consumo de alimentos, aumenta el de calorías y el de nutrientes condicionales de estos parámetros funcionales. Esta relación positiva no se da para el alcohol y el azúcar (Tabla 6) probablemente por ser alimentos ricos en calorías vacías, que no aportan otros nutrientes.

Aunque existen relaciones positivas entre el consumo de la mayor parte de los nutrientes y la fuerza de manos y piernas (Tabla 6) es de destacar la importancia de las proteínas, que presentan una correlación positiva y estadísticamente significativa con la fuerza de ambas piernas en extensión, así como con la fuerza de ambas manos (Tabla 6).

En este sentido, diversos autores han puesto de relieve que la malnutrición proteico-calórica disminuye la fuerza muscular (44), y dado que en nuestro caso un 90.9% de los ancianos tienen déficit calórico y un 9.1% déficit proteico, es posible que estos problemas contribuyan a disminuir la capacidad funcional de algunos ancianos (5). En este sentido se observa un aumento de los parámetros funcionales cuantificados al aumentar la albuminemia, aunque las relaciones no alcanzan la significación estadística (Tabla 7).

Algunas vitaminas como tiamina, niacina, folato y vitamina B12 tienen efectos generales sobre el metabolismo de los neurotransmisores e intervienen en diversos procesos que condicionan la capacidad funcional del individuo (10). En general es necesario un aporte correcto de nutrientes, para asegurar que los procesos fisiológicos que son base del funcionamiento psico-motor se realicen correctamente (5).

En nuestro estudio parece jugar un destacado papel en la capacidad funcional de los individuos estudiados la ingesta de hierro, zinc, magnesio y vitamina B6, seguidas de la vitamina C, niacina, tiamina, ácido fólico y vitamina E (Tabla 6). Estos resultados son bastantes concordantes con los indicados por Suboticanec y co. (1989), que encuentran una asociación positiva entre fuerza de garra e indicadores de status en hierro y en zinc.

El hierro, por su papel en la síntesis de hemoglobina, condiciona el transporte de oxígeno a las células y por tanto la eficiencia cardiorespiratoria del individuo en diversas situaciones (45), por lo que es razonable esperar que limite

TABLA 6  
CORRELACIONES ENTRE DATOS DIETETICOS Y FUNCIONALES

Datos de Ingesta	Flexibilidad (cm)	Fuerza Pierna (Kg)				Fuerza Garra (Kg)	
		Extensión		Flexión		D	I
		D	I	D	I		
Nº alimentos/5 días	-0,0170	0,2684	0,0500	0,3363	0,3876	0,2726	0,1833
Alimentos (g/día)	-0,2595	0,7091*	0,5394	0,7048*	0,7710*	0,6069	0,6606
Cereales (g/día)	-0,1032	0,6758*	0,7309*	0,6604	0,7225*	0,7630*	0,7570*
Leche (g/día)	-0,0115	0,2043	-0,1610	0,1138	0,1441	-0,1399	-0,0327
Huevos (g/día)	-0,1815	0,8584*	0,7389*	0,5261	0,4429	0,5467	0,6844
Aceite (g/día)	-0,3369	0,6164	0,3873	0,3823	0,4024	0,5011	0,4693
Azúcar (g/día)	0,1682	0,2156	0,2235	-0,1253	-0,2445	-0,2949	-0,2049
Verduras (g/día)	-0,6221	0,6984*	0,4779	0,5615	0,6513	0,8043*	0,7231
Frutas (g/día)	0,1414	0,0297	0,5188	0,2878	0,3100	0,2845	0,2894
Carne (g/día)	-0,2331	0,4294	0,7298*	0,4337	0,4238	0,4621	0,5156
Alcohol (g/día)	0,3748	-0,3206	-0,1804	0,0529	-0,0235	-0,1928	-0,1945
Energía (Kcal/día)	-0,1590	0,7449*	0,5473	0,5797	0,6068	0,5342	0,5913
Proteínas (g/día)	-0,4688	0,6762*	0,8323*	0,4479	0,5696	0,8748*	0,9243*
Lípidos (g/día)	-0,2776	0,7125*	0,6126	0,5990	0,6522	0,5595	0,6389
Colesterol (mg/día)	-0,2591	0,7834*	0,4868	0,4439	0,4760	0,5549	0,6202
Carbohidrato (g/día)	-0,0244	0,6536	0,3611	0,4010	0,3944	0,3809	0,4081
Fibra (g/día)	-0,5035	0,6404	0,7249*	0,6395	0,7575	0,8998*	0,8221*
Calcio (mg/día)	-0,1743	0,3456	0,0534	0,2563	0,3459	0,1478	0,2083
Hierro (mg/día)	-0,3895	0,6861*	0,6145	0,7001*	0,8109*	0,8819*	0,8039*
Iodo (µg/día)	0,0616	0,3375	-0,0700	0,2800	0,2632	-0,0852	0,0529
Zinc (mg/día)	-0,2918	0,8222*	0,7339*	0,7533*	0,7917*	0,7390*	0,7851*
Magnesio (mg/día)	-0,3357	0,7010*	0,4822	0,7622*	0,8344*	0,6907*	0,6768*
Tiamina (mg/día)	-0,1688	0,6082	0,5291	0,5951	0,7200*	0,6530	0,6673*
Riboflavina (mg/día)	0,0013	0,0387	-0,1425	0,0294	0,1847	0,0037	0,0661
Niacina (mg/día)	-0,4340	0,6434	0,6124	0,5700	0,6988*	0,7341	0,7168*
Vitamina B <sub>6</sub> (mg/día)	-0,6741*	0,6781*	0,5741	0,4598	0,5974	0,7861*	0,7497*
Fólico (µg/día)	-0,6229	0,6173	0,4310	0,5365	0,6542	0,7658*	0,6869*
Vitamina B <sub>12</sub> (µg/día)	-0,2529	-0,1170	-0,2723	-0,2797	-0,0749	0,1973	0,0254
Vitamina C (mg/día)	-0,6377	0,6088	0,7030*	0,4191	0,5356	0,8711*	0,8528*
Vitamina A (µg/día)	-0,2318	-0,0594	-0,2474	-0,2044	-0,0070	0,2290	0,0628
Vitamina D (µg/día)	-0,2278	0,7733*	0,4881	0,4640	0,4603	0,5190	0,5917
Vitamina E (mg/día)	-0,2464	0,6694*	0,6569	0,4549	0,5346	0,6208	0,6934*

D= Derecha, I= Izquierda.

\* Correlación estadísticamente significativa

**TABLA 7**  
**CORRELACIONES ENTRE DATOS ANTROPOMETRICOS Y BIOQUIMICOS CON LOS FUNCIONALES**

Datos antropométricos y bioquímicos	Flexibilidad (cm)	Fuerza Pierna (Kg)				Fuerza Garra (Kg)	
		Extensión		Flexión		D	I
		D	I	D	I		
Edad (años)	0,2717	- 0,3600	- 0,4384	- 0,4421	- 0,5531	- 0,5514	- 0,5574
Peso (kg)	- 0,8691 *	0,6234	0,5572	0,1805	0,2223	0,7492 *	0,6193
Talla (cm)	- 0,2601	0,7874	0,3579	0,6634	0,6369	0,5786	0,5938
P. Bicipital (mm)	- 0,5456	- 0,1665	0,1987	- 0,4714	- 0,3629	0,0853	0,0367
P. Tricipital (mm)	- 0,1639	- 0,5263	- 0,0557	- 0,5543	- 0,4632	- 0,1371	- 0,2328
P. Subescapular (mm)	- 0,3983	- 0,3734	- 0,0758	- 0,5678	- 0,3925	0,1224	- 0,0440
P. Supraíliaco (mm)	- 0,2373	- 0,5071	- 0,0844	- 0,6074	- 0,5215	- 0,1849	- 0,2191
P. Abdominal (mm)	0,0914	- 0,7343 *	- 0,3943	- 0,6646	- 0,6024	- 0,6283	- 0,6719
C. Cadera (cm)	- 0,6918 *	0,4146	0,5312	0,1810	0,2078	0,6321	0,5184
C. Brazo (cm)	- 0,3668	0,2029	0,1416	- 0,4133	- 0,3571	0,1805	0,1914
C. Pierna (cm)	- 0,7012 *	0,4404	0,3954	- 0,0822	- 0,0367	0,5835	0,4162
C. Muslo (cm)	- 0,7149 *	0,6535	0,5167	0,0812	0,0868	0,6760 *	0,5303
D. Hombro (cm)	- 0,5787	0,8061 *	0,5750	0,6176	0,5614	0,5968	0,5786
D. Rodilla (cm)	- 0,5077	0,4441	0,4511	0,4069	0,3409	0,6365	0,4378
D. Cadera (cm)	- 0,4277	0,6708 *	0,5532	0,4124	0,3476	0,4109	0,4301
I. Quetelet (Kg/m <sup>2</sup> )	- 0,7288 *	0,1254	0,3466	- 0,2546	- 0,1933	0,3738	0,2422
I. Rohrer (Kg/m <sup>3</sup> )	- 0,5810	- 0,0878	0,2262	- 0,3931	- 0,3314	0,1768	0,0626
P. Ideal/Real (%)	- 0,6685 *	0,0212	0,2858	- 0,3156	- 0,2472	0,3056	0,1745
Densidad (Kg/l)	0,0587	0,7170 *	0,3079	0,6871 *	0,5635	0,3092	0,4175
Grasa (%)	- 0,0224	- 0,8058 *	0,4881	- 0,7218 *	- 0,6219	- 0,5514	- 0,6984
Masa Grasa (Kg)	- 0,4507	- 0,4811	- 0,2670	- 0,6180	- 0,5118	- 0,1663	- 0,4162
FFM (Kg)	- 0,5719	0,8860 *	0,5813	0,5474	0,4851	0,7870 *	0,7583 *
AMB (cm <sup>2</sup> )	- 0,2098	0,3950	0,1270	- 0,1846	- 0,1771	0,1717	0,2377
MMB (Kg)	- 0,2280	0,4522	0,1945	- 0,1289	- 0,1254	0,2226	0,2799
Hematies (x10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	- 0,3445	- 0,2382	0,0613	- 0,3963	- 0,1434	0,2945	0,1577
Hemoglobina (g/dl)	- 0,2268	0,0433	0,4073	- 0,0669	- 0,1095	0,2113	0,3492
I. Hematocrito (%)	- 0,1574	0,0675	0,4192	0,0498	- 0,0259	0,1876	0,3377
Albúmina (g/l)	0,1303	0,3414	0,0219	0,2121	0,3379	0,1317	0,1216
Transferrina (g/l)	- 0,3444	0,0276	- 0,2478	- 0,1788	0,0958	0,2334	- 0,0010
Ferritina (ng/dl)	- 0,5108	0,3832	0,7545 *	- 0,0348	- 0,0705	0,3979	0,4970
Triglicérido (mg/dl)	- 0,5986	- 0,0597	0,2219	- 0,6001	- 0,5532	0,0705	0,1157
Colesterol (mg/dl)	- 0,1710	- 0,5021	- 0,1767	- 0,7150 *	- 0,7530 *	- 0,2994	- 0,2977
Colesterol - hdl (mg/dl)	0,0142	0,1160	- 0,1330	- 0,0248	0,1204	0,2299	0,0744
Colesterol - ldl (mg/dl)	0,0921	- 0,7998 *	- 0,3818	- 0,3834	- 0,3465	- 0,3768	- 0,5224
Hierro (µg/dl)	- 0,0367	0,4396	0,8120 *	0,3446	0,2387	0,3820	0,5364
Retinol (µg/dl)	- 0,6409	0,1851	- 0,1779	- 0,5061	- 0,3469	0,3446	0,1564
Tocoferol (mg/l)	0,1874	- 0,0787	0,3636	0,2490	- 0,0267	- 0,3178	- 0,1549
Tiamina (α-ETC)	- 0,6060	0,2735	0,5369	- 0,1937	- 0,1653	0,2775	0,3353
Riboflavina (α-EGR)	0,5823	- 0,0873	0,2122	0,3165	0,4218	0,1292	0,2365
Vit. B <sub>6</sub> (α-EGOT)	0,5357	- 0,0359	- 0,2384	0,1693	- 0,0835	- 0,6446	- 0,5083
Vit. C (mg-dl)	0,0168	0,2744	0,6749	0,0885	0,8863 *	0,6508	0,7794
Fólico (ng-dl)	0,7224	- 0,5559	- 0,2197	0,4033	0,2827	- 0,7337	- 0,5487
Vitamina B <sub>12</sub> (pg/ml)	0,5705	0,0464	- 0,2229	0,2190	0,2525	- 0,2447	- 0,1634

D= Derecha, I= Izquierda.

P = pliegue, C = circunferencia, I = índice, FFM = masa libre de grasa, AMB = área muscular del brazo,

MMB = masa muscular.

\* Correlación estadísticamente significativa

la capacidad del anciano en casos de deficiencia. En nuestro estudio no sólo se encuentra un aumento de fuerza, al aumentar la ingesta de hierro (Tabla 6), sino que además también existe esta relación positiva con los niveles séricos de hierro y de ferritina (Tabla 7). Los ancianos con cifras deficitarias en relación con la ferritina y hierro sérico tienen menos fuerza media de las piernas en extensión ( $17.9 \pm 5.2$  kg en ancianos normales, frente a  $11.8 \pm 2.8$  Kg en los que tienen cifras deficitarias) y casi significativa la diferencia para la fuerza de la mano derecha ( $19.8 \pm 4.8$  kg en ancianos normales, frente a  $13.1 \pm 9.5$  kg en los que tienen cifras deficitarias).

Aunque la ingesta de vitamina C es bastante superior al nivel recomendado (Tabla 2, Gráfica 1), la cantidad utilizable por el organismo de los ancianos puede ser bastante inferior, dado que sólo  $27.2 \pm 11.6$  mg/día proceden de alimentos que se consumen crudos, y grandes cantidades de vitamina C pueden ser destruidas durante el proceso de cocinado o durante el período que transcurre antes del consumo de los alimentos (7). Las correlaciones existentes entre ingesta y niveles séricos de vitamina C con la fuerza (Tablas 6 y 7) ponen de relieve la importancia de la vitamina en la capacidad funcional del anciano, influencia que ya ha sido constatada por otros autores (7).

La pérdida de nutrientes durante la preparación de los alimentos es, probablemente, uno de los factores que condiciona alguna de las discrepancias entre contenido en nutrientes de la dieta y niveles séricos, aunque también pueden influir los desórdenes gastrointestinales y metabólicos, cambios fisiológicos, interacciones con fármacos... frecuentes en ancianos (7).

La ingesta de calcio muestra relación positiva con la fuerza de manos y piernas (Tabla 6), pero no llega a ser significativa la correlación, posiblemente la influencia funcional de este mineral se observe a más largo plazo, ya que la ingesta subóptima de calcio incrementa el riesgo de fracturas y condiciona un deterioro de la habilidad para andar y de la movilidad (5).

Los lípidos séricos muestran una relación inversa con la fuerza muscular (Tabla 7). Los ancianos con cifras de colesterol superiores a 220 mg/dl tienen fuerza y flexibilidad inferiores a los que presentan cifras más bajas para la colesterolemia, las diferencias son significativas en lo que se refiere a la fuerza de ambas piernas en flexión (la media es de  $12.9 \pm 1.6$  kg en ancianos con colesterol  $\leq$  220 mg/dl, frente a  $10 \pm 1.8$  kg en los que tienen colesterol mayor de 220 mg/dl).

Desde el punto de vista funcional tampoco son recomendables las cifras altas de lípidos séricos y en concreto colesterol, para bajar sus niveles resulta aconsejable además de aumentar la actividad física (46), con lo que mejora el balance energético (47), disminuir el consumo de grasas, que es un poco alto en este colectivo,

ya que el 45.5% de las calorías son aportadas por los lípidos, en detrimento de los carbohidratos que sólo aportan el 38% de las calorías. También conviene evitar las deficiencias en micronutrientes, dado que algunos están implicados en el metabolismo de lípidos y su deficiencia se asocia con elevaciones de la colesterolemia (48).

Nuestros resultados contribuyen a confirmar la influencia de la nutrición en la capacidad funcional del anciano y ponen de relieve la necesidad de mejorar la dieta de las personas de edad, evitando las deficiencias en micronutrientes, así como la conveniencia de incrementar la actividad física del colectivo, ambas medidas supondrán una importante ayuda en la mejora sanitaria y funcional del anciano y contribuirán a disminuir la incidencia en enfermedades crónicas (5,42).

#### REFERENCIAS

- Hltman E. Nutritional Effects on work performance. *Am J Clin Nutr.* 49:949-57, 1989.
- Katakity M, J F Weeb, J W T Dickerson. Some effects of a food supplement in elderly hospital patients: a longitudinal study. *Hum Nutr.: App Nutr.* 37A: 85-93, 1983.
- Katz S L G, Branch M H Branson., J A Papsidero., J C Beck., D S Greer. Active life expectancy. *N. Engl. J. Med.* 309: 1218-24, 1983.
- Nissinen A., K. Stanley. Unbalanced diets as cause of chronic diseases. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49: 993-998, 1989.
- Rudman., D. Nutrition and fitness in elderly people. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 1090-8, 1989.
- Simopoulos A P. Introduction and conference resolutions of Firts International Conference on Nutrition and fitness. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 917-927, 1989.
- Suboticanec K., A Stavljenic., L Bilic-Pesic., M Gorajscan D., Gojscan G., Brubacher R., Buzina. Nutritional status, grip strength, and immune function in institutionalized elderly. *Internat. J. Vit. Nutr. Res.* 59: 20-28, 1989.
- Grande Covian F. Necesidades nutritivas de la edad avanzada. Serie informes 3, Fundación Española de la Nutrición, Madrid, 1985, p. 9-18.
- Parizkova J. Age-dependent changes in dietary intake related to work output, physical fitness, and body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 962-968, 1989.
- Brubacher G B., D Schlettwein-Gsell. Vitamin nutriture in the elderly. *Biblhca. Nutr. Dieta* 33, 142-151, 1983.
- Georgiades G., V Klissouras. Assessment of youth fitness: the European perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 1048-53, 1989.
- Instituto de Nutrición (C.S.I.C.). Tablas de Composición de Alimentos Españoles. Madrid. 1990.
- Instituto de Nutrición (C.S.I.C.). Ingesta recomendadas de energía y nutrientes para la población Española. Madrid. 1990.
- FAO-Unicef-WHO. Methodology of nutritional surveillance. Technical report series 53, Geneve WHO. 1976, p. 20.
- Seidell J C. Prevalence od Obsety in Europe. *Bibli. Nutr. Dieta*, Karger Basel, 44: 1-7, 1989.

16. Durnin J V G A., J Womersley. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness, measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.* 32: 77-97, 1974.
17. Siri W E. Gross composition of the body. In: Lawrence, J.H. Tobias, C.A. eds. *Advances in biological and medical physics*. Vol. IV. New York: Academic Press, 1956, p. 239-80.
18. Brozek J., F Grande., J T Anderson., A Keys. Desintometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann. New York Acad. Sci.* 110:113, 1963.
19. Herrero Lozano R., J C Fillat Ballestetos. Estimación de la grasa corporal mediante métodos antropométricos en personas de edad avanzada. *Nutr. Clin.: Diet. Hosp.* 8:47, 1989.
20. Mendez J., H C Lukaski. Variability of body density in ambulatory subjects measured in different days. *Am. J. Clin. Nutr.* 34:78-81, 1981.
21. Jelliffe D B. The assessment of the nutritional status of the community. Geneva, Who, nº 53, 1966.
22. Frisancho A R. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am. J. Clin. Nutr.* 34: 2540-5, 1981.
23. Heymfield S B., C Mcmannus., J Smith V. Stevens., D W Nixon., Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am. J. Clin. Nutr.* 36:680-90 1982.
24. Cox C J., T M Haberman, B A Payne. Evaluation of the Culter Cunter Model S-Plus IV. *Am. J. Clin. Pathol.* 84:297, 1985.
25. Gornall A G., C S Berdawill., H M David. Determination of serum proteins by means of biuret reaction. *J. Biol. Chem.* 177, 751, 1949.
26. Watson D Y., D Nankiville. Determination of plasma albumin by the dye-binding and another methods. *Clin. Chim. Acta.* 9: 359, 1964.
27. Haddow J E., R F Ritchie. Newer immunochemical techniques for the quantification of specific proteins. En: *Recent advances in clinical immunology*. Churchill livigstone ed., New York, 1980.
28. Kaltwaser J P., E Werner. *Serum ferritin methodische und klinische aspekte*. Spriger Verlag Berlin. Heilderberg. New Yor. 1980.
29. Bucolo D., H David. Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. *Clin. Chem.* 19: 476-482, 1973.
30. Allain C C., L S Poon., C S G Chan., W Richmond., P C., F U. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.* 20 (4): 470-475, 1984.
31. Burstein M., H Scholnick R., Morfin. Rapid method for the isolation of lipoproteins from human serum by precipitation with polynions. *J. Lipid. Res.* 11, 583-594. 1970.
32. Friedewald W T., R J Levy., D S Fredrickson. Estimation of the concentration of the low-density-lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* 18: 499-502, 1972.
33. Webster., D The determination of serum iron after intravenous injection of iron dextran. *J. Clin. Pathol.* 13:246, 1960.
34. Cuesta D., M Castro. Simultaneous measurement of retinol and &-tocopherol in human serum by high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. *J. of chromat.* 380: 140-144, 1986.
35. Vuilleumier J P., H E Keller., R Retenmaier., F Hunziker. Clinical chemical methods for the routine assessment of the vitamin status in human populations. Part II: The water soluble vitamin B1, B2 and B6. *Internat. J. Vit. Nutr. Res.* 53: 359-370. 1983.
36. Lindenbaum., J. Status of laboratory testing in the diagnosis of megaloblastic anemia. *Blood* 61: 624-627, 1983.
37. Beutler., H.O. *Methods of enzymatic analysis*. Bergmeyer, H.V. ed, vol. 6, Verlag Chimie, Weinheim, Deerfield Beach/ Florida, Basel, 1984. p. 376-385.
38. Kibler., W.B., T Jeff Chandler., T Uhl., R E Maddux. A musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination. Preventing injury and improving performance. *Am. J. of Sports Med.* 17(4): 525-531, 1989.
39. Perea I M. Cambios en los patrones de alimentación en España en los últimos 25 años y su repercusión en el estado nutritivo. Memoria de Licenciatura, F. de Farmacia, Univ. Complutense, Madrid. 1.989.
40. Bray G A. Complications of obesity. *Ann. Intern. Med.* 103: 1052-62, 1985.
41. Masoro., E.J. Nutrition and aging: a current assessment. *J. Nutr.* 115: 842-7, 1985.
42. Powell., K E., C J Caspersen., J P Koplan., E S Ford. Physicalactivity and chronic diseases. *Am. J. Clin. Nutr.* 49 Supl. : 999-1006. 1989
43. Vallbona C., S B Baker. Physical fitness prospects in the elderly. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 65: 194-200, 1984.
44. Solomons., N W., L H. Allen. The functional assessment of nutritional status: principles, practice and potential. *Nutr. Rev.* 41:33-50, 1983.
45. Haymes E M. Nutritional concerns: need for iron. *Med. and Sci. in sports and exerc.* 19 (suppl 5):197-200, 1987.
46. Danner S A., W Wieling., L Havekes., J G Leuven., E M Smith., A J Dunning. Effect of physical exercise on blood lipids and adipose tissue composition in young healthy men. *Atherosclerosis* 53: 83-90, 1984.
47. Ascaso J F., R Carmena. Dieta, lípidos plasmáticos y pared arterial. *Medicine* 5: 1630-1635, 1989.
48. Kannel W. Nutritional contribution to cardiovascular disease in the elderly. *J. Am. Get. Soc.* 34 (1): 27-36, 1986.

## Contenido y disponibilidad biológica de los carotenoides de Pejibaye (*Bactris gasipaes*) como fuente de vitamina A

Adriana Blanco<sup>(1)</sup> y Leda Muñoz<sup>(2)</sup>

Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA)

**RESUMEN.** Se analizó cuatro introducciones de frutos Pejibaye (*Bactris gasipaes*) maduro por extracto etéreo, carotenoides totales y su conversión biológica en vitamina A. Además, se estimó la porción comestible en fruto cocido. El contenido de extracto etéreo en fruto crudo varió de 8.2 a 12.9% en base seca (BS), en cocido de 5.7 a 12.4% BS y su retención por efecto de la cocción fue de 69-100%. El contenido de carotenoides en pejibaye crudo y cocido es similar, 4.8 a 29.6% y 4.8 a 29.9%, respectivamente, resultando una retención de carotenoides entre 85 y 101%. La porción comestible promedio fue de  $68 \pm 2$  %. La eficiencia de conversión de los carotenoides en vitamina A se midió en ratas por la técnica de depleción-retención y varió de 14 a 50% según la introducción evaluada. No se encontró diferencias ( $p > 0.05$ ) en la eficiencia de alimentación de las ratas alimentadas con la dieta control y experimentales. Se encontró que el contenido de carotenoides se correlaciona inversamente con el extracto etéreo ( $r = -0.8$ ,  $p < 0.02$ ). La cocción no afectó significativamente el contenido del extracto etéreo y de carotenoides, exceptuando en una introducción. A partir de la eficiencia de conversión de los carotenoides y las recomendaciones de retinol, se estimó que un adulto requiere en tres introducciones consumir para satisfacer sus necesidades diarias de vitamina A un sólo pejibaye y 7 en la restante.

**SUMMARY.** Pejibaye (*Bactris gasipaes*) total carotenoid content and biological bioavailability as a source of vitamin A. Four introductions of ripe peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) were analyzed for ether extract, total carotenoids and their biological conversion into vitamin A. Also, edible portion in cooked fruit was estimated. Ether extract content in raw fruit ranged from 8.2 to 12.9% dry basis (DB), cooked between 5.7 to 12.4% DB and nutrient retention after cooking was 69 to 100%. Carotenoids content in raw and cooked pejibaye was similar, 4.8 to 29.6 % DB and 4.8 to 29.9% DB, respectively, giving a nutrient retention after cooking greater than 85%. Average edible portion was  $68 \pm 2$ %. The biological study showed significant differences ( $p < 0.05$ ) of pejibaye carotenoids efficiency conversion in retinol, the values varied from 14 to 50%. Food efficiency results in the control and experimental diets were not statistically significant ( $p > 0.05$ ). Carotenoids content was inversely related ( $r = -0.8$ ,  $p < 0.02$ ) with ether extract. Cooking had no significant effect in ether extract and carotenoids content, except in one introduction. Based in the results generated in the study and vitamin A Recommended Daily Allowances (RDA) it was estimated that one, in three introductions and seven in the remaining one satisfies an adult RDA's.

### INTRODUCCION

El fruto de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K) constituye un alimento de gran aceptación por la población costarricense. Se cultiva en otros países Centro y Suramericanos donde toma otros nombre populares. Recientemente, se ha impulsado la investigación de este cultivo no tradicional, mediante esfuerzos colaborativos en

aspectos de mejoramientos genéticos, fitotecnia, zootecnia, ciencias sociales, industrialización y economía (1). Los resultados generados en estos estudios son divulgados a nivel latinoamericano por medio de un boletín técnico (2).

A pesar que la disponibilidad de alimentos verdes y amarillos, ricos en precursores de vitamina A, es alta en un país tropical como Costa Rica, la adecuación de ingestión de esta vitamina es deficiente (3, 4, 5, 6). Los datos más recientes a nivel nacional con que se cuenta (5) indican que las adecuaciones de ingestión de retinol varían entre un 48% y 75% por persona por día para el área rural dispersa y urbana, respectivamente. De los grupos de riesgos la madre lactante y embarazada presenta las menores ingestiones que

(1) Jefe de la Unidad de Tecnología Nutricional y Microbiológica del INCIENSA, Apdo. 4, Tres Ríos, Costa Rica.

(2) Profesor e investigador en Nutrición Humana. Carrera de Nutrición, Universidad de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

corresponden a 25% y 46% de adecuación, respectivamente. Un estudio (6) realizado en el área metropolitana costarricense demuestra que el consumo de retinol continúa muy bajo, considerándose consecuencia de la baja ingesta de frutas, vegetales y lácteos.

Desde hace tiempo se conoce que el contenido de carotenoides en el fruto de pejibaye es elevado (7,8) y la determinación de la disponibilidad de éstos fue sugerida por Johannessen (8) hace dos décadas. Su importancia es que en los alimentos existen de 400-500 isómeros diferentes de carotenos y sólo un 10% presentan actividad de vitamina A. Además, que los carotenoides con actividad de vitamina A van a estar sujetos a la composición química de la dieta, estado nutricional, presencia de drogas y aditivos, nivel de carotenoides presentes en la dieta y del procesamiento a que se somete el alimento (9).

Dado el frecuente hábito de consumo de pejibaye en el país, la posibilidad de deficiencia de vitamina A en grupos a riesgo y la ausencia de programas de enriquecimiento en este nutriente; además, el efecto protector de los carotenos en el desarrollo de carcinoma, su rol protector en el organismo contra la lipoperoxidación (10,11) y la existencia a nivel nacional de un programa integral de pejibaye es de suma importancia evaluar el contenido y biodisponibilidad de los carotenoides en el fruto.

#### MATERIALES Y METODOS:

##### A- Fuente y preparación de muestra:

Se obtuvo del Banco de Germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, cuatro introducciones de pejibaye, dos nacionales y dos colombianas. Su selección se realizó con base al contenido de grasa indicada por el Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA) de la Universidad de Costa Rica (10), ya que este componente se encuentra relacionado con el de carotenoides y constituye uno de los componentes principales y de mayor variabilidad en el fruto (12). Las introducciones seleccionadas incluyen contenidos de grasa comprendidos entre el promedio y más o menos una desviación estándar de los reportados en la pulpa de pejibaye nativo.

De cada variedad se obtuvo de 2 a 3 racimos de pejibayes procedentes de un mismo árbol, utilizándose fruto aparentemente sano y maduro para conformar una sola muestra cruda por introducción. Cada muestra se separó en dos, una para análisis de la pulpa del fruto crudo y la otra en cocido.

El método de cocción utilizado fue el convencional, el cual consiste en cubrir los frutos enteros con agua y hervirlos aproximadamente por 30 minutos. No se agregó sal ni grasa a los frutos durante la cocción.

Pulpa de pejibaye crudo y cocido de cada variedad se liofilizó, y la muestra seca se molió de modo que los

gránulos se retuvieran en una malla N°40 (tamiz Tyler). La harina se almacenó en frascos ámbar durante un mes en refrigeración.

##### B- Análisis físico y químico de las muestras:

En cada submuestra de pejibaye recién cocido se determinó el porcentaje de porción comestible y de desgaste. El cálculo se realizó como se indica a continuación:

$$\% \text{ porción comestible} = \frac{\text{peso pulpa}}{\text{peso pulpa} + \text{coquito} + \text{cáscara}} \times 100$$

$$\% \text{ desgaste} = \frac{\text{peso coquito} + \text{cáscara}}{\text{peso pulpa} + \text{coquito} + \text{cáscara}} \times 100$$

La porción comestible de las muestras crudas y cocidas se analizó en triplicado por extracto etéreo, carotenos totales y humedad según los métodos AOAC (13). A partir de estos resultados se estimó el cambio posible en el contenido de nutrientes por efecto de la cocción del fruto, llamado retención de nutrientes (14) y cuya fórmula sigue:

$$\text{retención} = \frac{\text{cont. nut. cocido}}{\text{cont. nut. crudo}} \times 100$$

Donde:

cont. nut. cocido: contenido de nutriente/100g BS alimento cocido

cont. nut. crudo: contenido de nutriente/100g BS alimento crudo

##### C- Ensayo biológico:

La actividad biológica de los carotenos de pejibaye se estimó por el método de depleción-repleción de vitamina A en ratas de laboratorio descrito por Wolzak y Bressani (15).

##### 1). Animales de experimentación:

Se utilizó 48 ratas de la raza Wistar de 22 días de edad, con un peso promedio de  $35 \pm 7g.$ , distribuidas según sexo y peso en 8 grupos de 6 ratas cada uno. Se alojó cada rata en una jaula de metal y se ofreció agua y alimento *ad libitum* durante el estudio.

##### 2). Dietas de depleción y repleción en vitamina A.

Durante el período de depleción se ofreció a los ocho grupos de ratas una dieta a base de caseína libre de retinol cuya composición aparece en el Cuadro 1. Para su elaboración se utilizó las recomendaciones del National Health Institute (16) para ratas en crecimiento. Se sustituyó

CUADRO 1  
COMPOSICION DE LA DIETA DURANTE EL PERIODO DE DEPLECION

Ingredientes	g/Kg
Caseína	276,50
Aceite de Soya	50,00
$\alpha$ - Cel	45,00
Almidón <sup>1</sup>	468,17
Minerales y vitaminas <sup>2</sup>	10,00
Fosfato dicálcico	52,00
D,L - metionina	3,00
Azúcar de mesa	50,00
NaCl	8,50
MgCl	8,50
KHSO <sub>4</sub>	28,00
MnCl-2H <sub>2</sub> O	0,23
Neurobión <sup>3</sup>	0,10

(1) Cantidad suficiente para 1000 gramos.

(2) Mezcla de minerales y vitaminas de Colborn Dawes, por cada 2,3 kg de mezcla hay: 62 g. Mg., 30 g. Fe, 40 g. Zn, 1,5 g. Cu, 150 mg. Co, 1,5 g. I, 15 mg. Se, 2 millones UI vit. D3, 2 millones UI vit. E, 5 g. vit. B2, 25 g. niacina, 8 g. pantotenato de Ca, 150 g. colina, 3 g. vit. K y 12 mg. vit. B<sub>12</sub>.

(3) Neurobión: 1 gragea pesa  $\pm$  0,6856 g y contiene 10 mg. B<sub>1</sub>, 200 mg B<sub>6</sub> y 200 ug B<sub>12</sub>.

5% del almidón de las dietas en forma equivalente por azúcar de mesa no enriquecida con vitamina A con el propósito de mejorar la palatabilidad de las mismas. Se preparó las dietas estándar de repleción en vitamina A a partir de acetato de retinol all-trans tipo I (Sigma #R-300) con una actividad de acetato de retinilo de 2.750.000 UI/g. Las dietas estándar preparadas suministraron el 13, 24 y 40% de los requerimientos de vitamina A (17). Con base al dato de contenido de carotenos totales en pulpa de pejibaye cocido se estimó la cantidad de respuesta biológica capaz de ser extrapolada en la curva estándar. En el cuadro N°2 se indican las dietas de repleción estándar (1 a 3) y experimentales (4 a 7).

### 3). Procedimientos utilizados durante el experimento:

La etapa de depleción en vitamina A duró 60 días, a lo largo de los cuales, semanalmente, se pesó las ratas y se estimó por diferencia el alimento consumido. Al finalizar esta etapa se sacrificó un grupo de ratas (N°8) por asfixia con dióxido de carbono, luego se pesó cada una, se les extrajo y pesó el hígado. Se congeló de inmediato a -40°C cada hígado hasta el momento de su análisis. La etapa de repleción fue de una semana, en que se pesó al inicio y al final a las ratas y el alimento consumido. Al cabo de este período se sacrificó y se pesó y almacenó los hígados a las ratas tal y como en la etapa de depleción.

### 4). Respuesta biológica:

La respuesta biológica se evaluó a partir de las reservas hepática estimada como retinol según el método modificado de Bessey y col (18). Para ello una porción representativa de cada hígado se homogenizó (muestra) con glicerina. A alícuotas del homogenizado se les determinó los ug retinol/ peso de muestra, y estimó los mg de retinol hepático/100g de peso de rata.

A partir del consumo de retinol (ug/100g dieta= x) y del contenido de retinol hepático (ug/100g rata= y), de las ratas alimentadas con las dietas estándar 1 a 3, se obtuvo la ecuación de regresión:  $y = 26.5930 + 2.1045 x$ , con una correlación estadísticamente significativa de 0.69 ( $p < 0.05$ ).

El cálculo de retinol consumido proveniente de las dietas a base de pejibaye (N°4 a 7) se realizó con la anterior ecuación y con este resultado se calculó la eficiencia de conversión de los carotenoides en vitamina A. Para ello se dividió los ug de retinol consumidos obtenidos en el estudio biológico entre el contenido de carotenoides consumidos obtenidos por análisis químico de la muestra de pejibaye correspondiente.

### E- Análisis estadístico:

Se realizó el análisis de varianza para establecer diferencias estadísticas y cuando éstas resultaron afirmativas se practicó la prueba de Duncan para definir su

CUADRO 2  
COMPOSICION DE LAS DIETAS SUPLEMENTADAS CON VITAMINA A Y A BASE DE PEJIBAYE

Ingredientes	Dieta N°						
	1	2	3	4	5	6	7
Caseína, g	276,50	276,50	276,50	276,50	276,50	276,50	276,50
Aceite, ml	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
$\alpha$ - Cel, g	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
D,L - metionina, g	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Total Vits y min, g <sup>1</sup>	107,33	107,33	107,33	107,33	107,33	107,33	107,33
Azúcar de mesa, g	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Almidón g <sup>2</sup>	468,17	468,15	468,13	460,65	463,77	455,17	466,45
Harina de pejibaye <sup>3</sup>	--	--	--	7,52	4,40	13,00	1,72
Acetato de retinol, ug	51,33	95,00	155,60	--	--	--	--
Retinol agregado,							
% del requerimiento	13	24	40	--	--	--	--
# Introducción de pejibaye	--	--	--	14142	9646	9733	14143

(1) Incluye mezcla de minerales y vitaminas de Collborn Dawes, fosfato dicálcico, NaCl, MgCl, KHSO<sub>4</sub>, MnCl y Neurobión en las cantidades indicadas en el Cuadro 1.

(2) Suficiente para preparar 1000g de dieta.

(3) Cantidad estimada para dar respuesta biológica capaz de ser extrapolada de la curva estándar.

orden de importancia. Además, se practicó análisis de regresión simple y se estimó el nivel de significancia de la correlación entre variables (19).

### RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se muestra que alrededor de dos terceras partes del pejibaye cocido (68%) es comestible para los seres humanos, el restante 32% corresponde al desgaste. Según la Tabla de Composición de Alimentación para uso en América Latina (7) el dato de desgaste es un 10% mayor, es decir de 42%, diferencias que puedan deberse a que esta última se realizó en fruto crudo y la primera en cocido. Posiblemente, la cocción facilita el pelado del fruto, con el consiguiente incremento en la porción comestible y reducción del desgaste. Además, existe una variabilidad natural entre genotipos.

En el Cuadro 4 se indica el contenido de extracto etéreo en la porción comestible. En los pejibayes crudos oscila entre 8.2 y 13.5% BS, y cocidos entre 5.7 y 13.4% BS. Se

confirma que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de extracto etéreo entre las introducciones, dos con niveles bajos y dos con más alto. La cocción acentúa aún más las diferencias en el contenido de "grasa" pues se forman tres niveles, al perder la variedad 9646 un 31% del compuesto. Aparentemente, la cocción no reduce el contenido de grasa en el pejibaye (96 - 100% retención), exceptuando por la introducción 9646 donde existe una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) del nutriente. A pesar que no se cuenta con alguna explicación que fundamente la pérdida de grasa por efecto de cocción en una sola variedad se ha observado cuando se cocinan pejibayes que en algunos casos se pierde grasa (se ve flotando en el agua de cocción) y en otras no. Los valores aquí reportados de extracto etéreo en pejibaye crudo son muchos menores a los publicados por el INCAP (7), Patiño (20), Zumbado (21) y Johannessen (8), y semejantes a los reportados por CIPRONA (12).

El contenido de carotenoides presentes en las cuatros introducciones de pejibaye crudo y cocido oscila entre 4.8 y

CUADRO 3  
PORCIÓN COMESTIBLE Y PORCENTAJE DE DESGASTE EN PEJIBAYE COCIDO

Introducción	% Porción Comestible	% Desgaste
14143	68	32
14142	70	30
9646	70	30
9733	65	35
X ±DS	68 ± 2	32 ± 2

CUADRO 4  
CONTENIDO DE EXTRACTO ETereo EN PULPA DE PEJIBAYE Y EFECTO DE LA COCCION SOBRE EL MISMO

Introducción	g EE/100 gBS <sup>1</sup>		% Retención <sup>2</sup>
	Crudo	Cocido	
14143	8,2 <sub>a</sub>	8,1 <sub>b</sub>	97 <sub>b</sub>
14142	13,5 <sub>b</sub>	13,4 <sub>c</sub>	100 <sub>b</sub>
9646	8,3 <sub>a</sub>	5,7 <sub>a</sub>	69 <sub>a</sub>
9733	12,9 <sub>b</sub>	12,4 <sub>b</sub>	96 <sub>b</sub>

(1) gEE/100 gBS = pulpa de pejibaye en base seca grs. de extracto etéreo por 100 g.

$$(2) \% \text{ Retención} = \frac{\text{g EE/100 gBS pejibaye cocido}}{\text{g EE/100 gBS pejibaye crudo}} \times 100$$

a,b,c: letras diferentes en una columna indican diferencias significativas (p < 0.05).

CUADRO 5  
CONTENIDO DE CAROTENOIDES EN PULPA DE PEJIBAYE Y EFECTO DE LA COCCION SOBRE EL MISMO

Introducción	mg Carotenoides/100 gBS		% Retención <sup>1</sup>
	Crudo	Cocido	
14143	29,6 <sup>c</sup>	29,9 <sup>c</sup>	101 <sup>a</sup>
14142	6,7 <sup>a</sup>	6,6 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>
9646	13,1 <sup>b</sup>	11,2 <sup>b</sup>	85 <sup>a</sup>
9733	4,8 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>

$$(1) \% \text{ Retención} = \frac{\text{mg. carotenoides/100 gBS pejibaye cocido}}{\text{mg. carotenoides/100 gBS pejibaye crudo}} \times 100$$

a,b,c: letras diferentes en una columna indican diferencias significativas (p < 0.05)

CUADRO 6  
VALORES PROMEDIO DE PESO DE RATAS, GANANCIAS DE PESO Y CONSUMO DE ALIMENTO DURANTE  
EL PERIODO DE DEPLECIÓN EN VITAMINA A

Grupo de Ratas	Peso Inicial g	Ganancia Peso g	Consumo de Alimento g	Eficiencia de Alimento
1	38 ± 10	117 ± 10	418 ± 72	3,8 ± 0,5 <sup>a</sup>
2	33 ± 8	121 ± 20	587 ± 98	5,0 ± 1,4 <sup>a</sup>
3	37 ± 6	118 ± 6	457 ± 77	4,2 ± 1,0 <sup>a</sup>
4	34 ± 7	121 ± 13	496 ± 42	4,1 ± 0,5 <sup>a</sup>
5	35 ± 6	120 ± 4	450 ± 34	3,7 ± 0,4 <sup>a</sup>
6	35 ± 6	124 ± 8	573 ± 22	4,6 ± 0,4 <sup>a</sup>
7	35 ± 5	127 ± 8	609 ± 18	4,8 ± 0,3 <sup>a</sup>
8	35 ± 6	123 ± 8	660 ± 34	5,4 ± 0,4 <sup>a</sup>

Promedio de consumo de alimento (g)

$$(1) \text{ Eficiencia de alimento} = \frac{\text{Promedio de consumo de alimento (g)}}{\text{Promedio de ganancia de peso (g)}}$$

a: letras iguales en una columna indican que no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ).

29.6 y 4.8 y 29.9 mg% BS., respectivamente (ver Cuadro 5), valores superiores a los reportados por INCAP: 3 mg% BS (7), pero mucho menores a los de Johannessen: 708 mg. carotenos% BS (8). El contenido de carotenoides tanto en el producto crudo como cocido está distribuido en tres grupos significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ), lo cual confirma amplia variabilidad que existe en este nutriente. A pesar de esto, la cocción no modificó significativamente ( $p > 0.05$ ) el contenido de carotenoides totales, el cual se retuvo entre 85 y 101%. En la literatura (22, 23) se ha reportado retenciones de carotenos en alimentos deshidratados que oscilan entre 5 y 100%.

En los Cuadros 6 y 7 se indican los resultados del estudio biológico durante las dietas de depleción, respectivamente. Además, en el Cuadro 7 aparecen los pesos promedios de los hígados y su contenido promedio en retinol. La eficiencia de alimento vario en la dieta de depleción entre 3.8 y 5.4, y en la repleción de 6.0 a 10.8, siendo significativamente semejantes los resultados obtenidos en las dietas de una misma etapa. Resulta interesante destacar que la eficiencia de alimentación durante el período de repleción duplicó al de la depleción, lo que demuestra que el adecuado balance nutricional permitió aprovechar más eficientemente los nutrientes de las dietas.

La eficiencia de conversión de los carotenoides en vitamina A varió entre 14 y 50% (ver Cuadro 8), encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre las variedades 9733 y 14143, con respecto a las 9646 y 14142. Las primeras presentaron una conversión de carotenoides de 14% y 20%, mientras las segundas fue

de 42% y 50%, respectivamente. Posiblemente estas diferencias se deben al tipo de carotenoide presente en el fruto, ya que se ha establecido (24) para el  $\beta$  - caroteno una eficiencia de conversión en vitamina A de un 17%, mientras que para otros carotenos de 8% o menos. Los valores encontrados son semejantes a los reportados por Fraps y Meinke (25), que encontraron una eficiencia de conversión de carotenos de zanahoria de 3% a 49%.

La ecuación resultante en el presente estudio difiere de la de Wolzak y Bressani (13). El intercepto encontrado es mucho mayor indicando una depleción incompleta, pero una pendiente significativamente mayor lo que refleja una eficiencia de conversión más alta que la reportada por Wolzak y Bressani (13). Estas diferencias sugieren una composición de carotenoides diferente entre pejibaye y zanahoria.

Es importante destacar que las variedades 14142 y 9646 presentan frutos grandes, con un contenido de extracto etéreo, el primero y un contenido de carotenoides el segundo, elevados y que a su vez presentaron las mayores eficiencias de conversión de los carotenoides en vitamina A. A pesar que la variedad 14143 presentó el mayor contenido de carotenoides, éstos se absorbieron medianamente. Lo anterior demuestra la necesidad de conocer el tipo de carotenoide presente en el pejibaye, ya sea mediante la evaluación química o biológica, para seleccionar con fines nutricionales las variedades. Esta información puede ser útil para el genetista agrícola al valorar el potencial nutricional de las variedades que posee y utilizarlo como un parámetro más de selección.

CUADRO 7  
VALORES PROMEDIO DE PESO DE RATAS, PESO DE HIGADO, GANANCIA DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y RETINOL HEPATICO DURANTE EL PERIODO DE REPLECION EN VITAMINA A

Dieta	Peso Rata, g	Peso Hígado fresco, g	$\mu\text{g}$ Retinol Hepático		Ganancia peso, g	Consumo Alimento, g	EA <sub>1</sub>
			Total	100 g Rata			
1	192 ± 9	9,7 ± 8	109 ± 37	50,6 ± 9,2	12 ± 6	81 ± 7	6,2 ± 1,5 <sup>a</sup>
2	181 ± 24	9,9 ± 24	100 ± 27	47,8 ± 7	10 ± 8	84 ± 6	7,0 ± 3,9 <sup>a</sup>
3	192 ± 5	10,5 ± 1,0	159 ± 21	82,5 ± 10,4	16 ± 7	89 ± 5	6,8 ± 3,4 <sup>a</sup>
4	185 ± 19	9,8 ± 1,8	147 ± 22	80,9 ± 15,1	9 ± 12	78 ± 15	6,0 ± 3,4 <sup>a</sup>
5	182 ± 8	9,7 ± 1,4	129 ± 26	70,0 ± 13	11 ± 4	66 ± 24	7,8 ± 2,0 <sup>a</sup>
6	190 ± 9	9,7 ± 0,8	96 ± 30	50,3 ± 15,3	8 ± 7	73 ± 13	10,8 ± 5,3 <sup>a</sup>
7	176 ± 11	9,0 ± 1,3	94 ± 18	52,1 ± 8,8	9 ± 7	76 ± 6	8,7 ± 3,3 <sup>a</sup>
8	185 ± 15	10,0 ± 1,3	66 ± 14	36,5 ± 8,8	b	b	b

$$(1) \text{ Eficiencia de alimento} = \frac{\text{Promedio de consumo de alimento (g)}}{\text{Promedio de ganancia de peso (g)}}$$

a: Letras iguales en una columna indican que no existen diferencias significativa ( $p > 0.05$ ).  
b: Se sacrificaron al finalizar el período de depleción.

CUADRO 8  
EFICIENCIA DE CONVERSION DE CAROTENOIDES DE PULPA DE PEJIBAYE EN VITAMINA A

Introducción de Pejibaye	$\mu\text{g}$ Consumidos		% Eficiencia de Conversión
	Carotenoides	Retinol	
14143	35,4 ± 2,7	7,0 ± 3	20 <sup>b</sup>
14142	36,3 ± 6,3	17,0 ± 4,8	50 <sup>a</sup>
9646	35,0 ± 5,5	15,1 ± 7,4	42 <sup>a</sup>
9733	40,7 ± 6,5	6,2 ± 6,0	14 <sup>b</sup>
Dieta depleción	— <sup>2</sup>	7,0 ± 3,0	—

$$(1) \% \text{ Eficiencia de conversión} = \frac{\mu\text{g retinol consumidos}}{\mu\text{g carotenoides consumidos}} \times 100$$

(2) No se calculó

a,b: letras diferentes en una columna son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Se encontró una correlación inversa ( $r = -0.8$ ) y estadísticamente significativa ( $p < 0.02$ ) entre el contenido de carotenoides y de extracto de etéreo en pejibaye crudo; la correlación en cocido es menor ( $r = -0.5$ ) y no presenta significancia estadística. Johannessen (8) halló una ausencia de correlación ( $r = -0.008$ ) entre los dos parámetros. Este hallazgo merece ser considerado en la selección de variedades pues el contenido de grasa es un factor importante en el sabor del fruto y está directamente asociado a la absorción de vitaminas liposolubles.

Una aplicación de la información obtenida en salud pública, constituye el cálculo del número de pejibayes que debería consumir un adulto sano por día para llenar sus requerimientos diarios de vitamina A. A continuación se describirá la metodología utilizada y la variedad 14142 servirá de ejemplo.

- 1) Las recomendaciones dietéticas diarias de equivalentes de retinol para el individuo centroamericano de referencia (26) son 750 ug.. Si la eficiencia de conversión de los carotenoides es 50% (ver Cuadro 8), el sujeto necesita consumir 1500 ug. de carotenoides/día.
- 2) La introducción 14142 contiene 6.6 mg. de carotenoides en 110g de pulpa seca (ver Cuadro 6) o en 200 g. de pulpa de pejibaye fresco (50% humedad en pejibaye cocido fresco según Fernández) (28) y si necesito consumir 1.5 mg. de carotenoides por día, lo que debe consumir es 45.5 g. de pulpa de pejibaye fresco (es decir neto).
- 3) Si el peso neto de pejibaye grande es 41 g. (29), entonces se necesita consumir un pejibaye, para que el individuo de referencia llene sus necesidades de retinol. De las otras tres introducciones 9646, 14143 y 9733, se requieren consumir un pejibaye grande, uno pequeño y 7 medianos, respectivamente, para que un adulto sano llene en un 100% la adecuación de ingestión de vitamina A.

Se demuestra que aquellas variedades que tienen los carotenos con una alta eficiencia de conversión en la vitamina, y que a su vez el fruto es de tamaño grande, deberían seleccionarse agrónomicamente y destinarse preferentemente para consumo humano dado el efecto que presentan estos compuestos (9,10).

### CONCLUSIONES

- 1- Se confirma que existe una amplia variabilidad en el valor nutritivo en las introducciones de pejibaye.
- 2- En la mayor parte de las introducciones, la cocción reduce poco el contenido de carotenoides y del extracto etéreo.
- 3- El contenido de carotenoides, está inversamente relacionado con el extracto etéreo tanto en fruto cocido como crudo.

- 4- Según la introducción, un adulto requiere consumir de 1 a 7 pejibayes diarios para llenar sus necesidades de retinol.

### RECOMENDACIONES:

- 1- Incluir las variables: contenido de carotenos y su disponibilidad biológica (o fraccionamiento) entre los criterios de selección agronómica de variedades de pejibayes para consumo humano.
- 2- Fomentar el consumo de pejibaye mediante su industrialización y educación nutricional, de modo que el costarricense mejore su paradójico consumo inadecuado de vitamina A.
- 3- Evaluar el efecto del procesamiento y almacenamiento del pejibaye y derivados sobre los carotenoides.

### AGRADECIMIENTO

Agradecemos al programa de Asignaciones Familiares de Costa Rica (DESAF) y a CIPRONA el apoyo económico, a Virginia Garita su colaboración en los análisis químicos y ensayos biológicos.

### REFERENCIAS

- 1- Mora Urpí, J y col. Propuesta de un programa de investigación en pejibaye. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Administración. Enero de 1982.
- 2- Serie Técnica Pejibaye. V. 1 (1-2). San Pedro (CR); Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1989.
- 3- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá: Costa Rica-Guatemala: INCAP, 1969. 113 p.
- 4- Costa Rica, Ministerio de Salud. Encuesta Nacional de Nutrición: Evaluación Nutricional Dietética, 1978. San José; Ministerio de Salud, Departamento de Nutrición, 1979. 45 p.
- 5- Costa Rica, Ministerio de Salud. Encuesta Nacional de Nutrición: Evaluación dietética 1982. San José: Litografía López Tercero, 1986. p. 25-36.
- 6- Monge, B. Evaluación de la situación alimentaria y nutricional del área metropolitana de San José: 1982-1987. Carrera de Nutrición, Facultad de Medicina. Universidad de Costa Rica, 1988.
- 7- Wu Lueng, Woot-Tsuen y M. Flores. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Preparado por NIC, ND-NIDA, MD-NIH e INCAP. Washington, DC, US. Government Printing Office, 1961. 132p.
- 8- Johannessen, C. Pejibaye Palm: physical and chemical analysis of the fruit. *Economic Botany* 21: 371-378, 1967.
- 9- Erdman, J., Poor, C. Y J.M. Dietary factors affecting the bioavailability of vitamin A, carotenoids, and vitamin E. *Food Technology* (10): 214-221, 1988.
- 10- Goodman, D.S. Vitamin A and retinoids in health and disease. *New England J. Med.* 310: 1023- 1031, 1984.

- 11- Burton, G.W y K.U. Ingold. B-carotene: an unusual type of lipid antioxidant. *Science* 224: 569-573, 1984.
- 12- Centro de Investigaciones en Productos Naturales, Universidad de Costa Rica. Aprovechamiento industrial del pejibaye (*Bactris gasipaes*) 1986, 314 p. (Manuscrito).
- 13- Association of Official Agriculture Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC, 12th ed. Washington DC, 1975.
- 14- Bender, A. Food Processing and Nutrition. New York: Academic Press Inc. p. 14, 1976.
- 15- Wolzak A y R Bressani: Efecto de la calidad de proteína dietética en la tasa de depleción de vitamina A y su disponibilidad biológica de precursores de vitamina A. *Arch Latinoam de Nutr* 36(3): 415-431, 1986.
- 16- National Institute of Health Rodents. NIH: Department of Health and Human service, USA, 1980.
- 17- Frier HI, RC Hall, Jr JE, Rousseau H D. Eaton y S.W. Nielson. Cerebrospinal fluid pressure and aquamous metaplasia in a chronic hypovitaminosis. A of the male weanling rate. *Corn Stons. Agric. Exp. Stn. Res. Rep.* 46 University of Connecticut 55 p (original no consultado tomado de: National Academy of Sciences, Nutrient Requirements of Laboratory Animals. Washington: Office of Publications of the NAS. 1978, p. 7-37).
- 18- Bessey O A., O H Lowry., M J Brooks y J A López. The determination of vitamin A and carotene in small quantities of blood serum. *J. Biol. Chem.* 166: 177, 19746.
- 19- Ott, L. An Introduction to Statistics and data analysis. California. Duxberry Press, 1977. 730 p.
- 20- Patiño VM. El cacchipay o pejibaye (*Guilielma gasipaes* Bailey) y su papel en la cultura y en la economía de los pueblos indígenas de América Tropical. *América Indígena (México)* 18: 177-204, 1958.
- 21- Zumbado M. y M Murillo. Composition and nutritive value of pejibaye (*Bactris gasipaes*) in animal feeds. *Rev. Biología Tropical (Costa Rica)* 32 (1): 51-56, 1984.
- 22- Hollmes ZA, L Miller, M Edwards y E Benson. Vitamin retention during home drying of vegetables and fruit. *Home Econ. Res. J.* 7 (4): 258, 1978.
- 23- Calloway D H. Dehydrated foods. *Nutr. Rev.* 20 (9): 257, 1962.
- 24- World Health Organization. Requirements of vitamin A, thiamin, riboflavin and niacin. Report of Joint FAO/WHO Expert Group. Geneva, Who, 1967 (WHO Tech Rep. Ser. N°362).
- 25- Fraps GS y WW Meinke. Digestibility by rats of and neo-β carotenes in vegetables. *Arch. Biochem.* 6: 323-327, 1945.
- 26- Menchú M T., G Arroyave y M Flores. Recomendaciones dietéticas diarias para Centroamérica y Panamá. Guatemala: Unidad de Ayudas Audiovisuales del INCAP, p. 25, 1973.
- 27- Fernández M. Definición de las características químico-nutricionales de cuatro poblaciones de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Proyecto de graduación en Lic. Tecnología de Alimentos. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica, 1.988. 83 p.
- 28- Murillo S. y E Ulate. Composición de alimentos y tabla de pesos para Costa Rica. Instituto de Investigaciones en Salud, Universidad de Costa Rica. 1984, p 42.

## Efecto del proceso de extrusión del sorgo sobre el color de las harinas y tortillas a base de mezclas con harina de maíz nixtamalizada

*Fernando Martínez B.<sup>1</sup>, César F. Ciacco<sup>2</sup> y Yolanda Salinas M.<sup>3</sup>*

**RESUMEN.** Fue estudiado el efecto del proceso de extrusión sobre el color de las harinas instantáneas de sorgo y sus respectivas tortillas elaboradas con diferentes niveles de substitución con harinas de maíz nixtamalizada. En el proceso de extrusión fueron utilizadas cuatro harinas obtenidas de dos genotipos de sorgo (integral y decorticado de cada genotipo). Estas harinas fueron procesadas en el extrusor de laboratorio Brabender GNF/2 de tornillo sin fin único. Para la elaboración de tortillas de sorgo y mezclas maíz-sorgo fueron seleccionadas 4 harinas del proceso de extrusión, 1) Cultivar CMSXS 9A: harina integral extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm y harina de sorgo decorticado con tamaños de partícula menores de 0.420 mm extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm; 2) Cultivar CMSXS 145: harina integral extrudida con 18% de humedad y con una velocidad de tornillo de 170 rpm y harina de sorgo decorticado extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm. Las harinas instantáneas y tortillas obtenidas de sorgos decorticados (20%) presentaron colores más blancos (mayores valores de 'L') en relación con sus respectivas harinas integrales. La adición de niveles crecientes de harina de maíz nixtamalizada (10, 20, 30, 40 y 50%) a las harinas de sorgo instantáneas, mejoraron el color de las mezclas de harinas y sus respectivas tortillas, principalmente en el caso de harinas integrales de sorgo. Los resultados obtenidos indicaron un cambio considerable en las características de color de las harinas, cuando fueron transformadas en tortillas, obteniéndose los mejores resultados con las tortillas elaboradas con harina de sorgo decorticado de ambos genotipos y en el caso de harinas integrales, las mezclas con harina de maíz mejoraron sensiblemente el color de las tortillas. Estos resultados indicaron que la separación de las capas externas del grano, posibilitó la obtención de tortillas con mejores características de color en relación a las tortillas elaboradas con harina de sorgo integral.

**SUMMARY.** Effect of the extrusion process in the color of instant sorghum flours and its tortillas prepared with different levels of lime-treated corn flours. The objective of this work was to study the effect of the extrusion process in the color of instant flours and its tortillas prepared with mixtures of commercial instant corn flour. In the extrusion process four flours from two genotypes of sorghum (whole and decorticated sorghum of each genotype) were used. These flours were processed in a single screw Brabender laboratory extruder. In the preparation of sorghum tortillas and sorghum-corn tortillas four flours were selected from the extrusion process. 1) genotype CMSXS 9A: Whole flour extruded with moisture content of 15% and screw rate of 130 rpm, flour from decorticated sorghum with particle size less than 0.420 mm extruded with moisture content of 15% and screw rate of 130 rpm, 2) genotype CMSXS 145: whole flour extruded with moisture content of 18% and screw rate of 170 rpm, decorticated sorghum flour extruded with moisture content of 15% and screw rate of 130 rpm. Also these flours were utilized with mixtures of commercial instant corn flour for the preparation of tortillas. The instant sorghum flours and tortillas from decorticated sorghum (20%) presented whiter color compared to instant whole sorghum flour and its tortillas. The addition of different levels of commercial instant corn flour (10, 20, 30, 40 and 50%) to the instant sorghum flours improved the color of the mixtures of flour and tortillas. This improvement was more pronounced with instant sorghum flour from whole sorghum grain. The results obtained indicated a great change in the color characteristics of the flours when tortillas were prepared. The best results were obtained with mixtures prepared with decorticated instant sorghum flour from both genotypes and commercial instant corn flour. This results indicated that the separation of external layers of the grain permit the obtaining of tortillas with better color characteristics, compared to the tortillas prepared with whole instant sorghum flour.

1,3 Investigadores del CIFAP-MEXICO, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Apdo. Postal 10 CP. 56230. Chapingo Edo. de México. México.

2 Profesor Investigador. Facultad de Engenharia de Alimentos UNICAMP. C.P. 13100. Campinas SP. Brasil.

## INTRODUCCION

El color es un criterio de calidad del producto y representa un factor importante en la aceptación de productos alimenticios. En general el color blanco de harina de sorgo o de sus productos en alimentos tradicionales no representa un factor limitante, más es preferido (1). En países como México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Honduras, el maíz ha sido el cereal usado tradicionalmente en la preparación de tortillas. No obstante, las grandes ventajas agronómicas presentadas por el sorgo, colocan a este cultivo como una alternativa variable en la elaboración de productos básicos. Durante el proceso alcalino de elaboración de tortillas de sorgo, los compuestos polifenólicos presentes en la testa y/o pericarpio del grano reaccionan con el álcali adicionado, produciendo colores indeseables en los productos elaborados (2) Reichert et al (3,4) reportan que en suspensiones en agua de harinas de mijo la decoloración es dependiente del pH, cambiando reversiblemente de color gris a amarillo verdoso a pH alcalino y parcialmente reversible de color gris a blanco cremoso, en la presencia de ácido.

El uso de sorgo decorticado, harinas con bajo grado de extracción semirefinadas, compuestas y pre-tratadas, han sido recomendadas para mejorar la calidad y aceptación de los productos (5). Las ventajas del uso de sorgo decorticado así como también mezclas de sorgo con maíz en la elaboración de tortillas y fritos de buenas características han sido reportadas por diversos autores (2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto del proceso de extrusión sobre el color de harinas de sorgo integral y decorticado, evaluandose también el color de las tortillas usando diferentes niveles de substitución con harina nixtamalizada de maíz con la finalidad de mejorar el color de los productos.

## MATERIALES Y METODOS

Materia prima, Fueron usados dos genotipos de sorgo CMSXS 9A y CMSXS 145, cosechados durante el ciclo agrícola 1986, ambos de pericarpio blanco, grueso, endospermo amarillo con textura intermedia (50% vítreo, 50% harinoso), pericarpio blanco, sin testa, proporcionados por el Centro Nacional del Maíz y Sorgo de la Embrapa (Empresa Brasileña de Investigaciones Agropecuarias, Minas Gerais, Brasil) para la obtención de harinas usadas para el proceso de extrusión. Se usó como testigo harina nixtamalizada comercial de maíz amarillo (pH 7.2) la cual también se empleó en las mezclas en proporciones de 10, 20, 30, 40 y 50%. Las harinas instantáneas de sorgo usadas en las mezclas fueron: 1) Cultivar 9A: harina integral extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 110 rpm. Harina de sorgo decorticado con tamaños de partícula menores de  $\approx$  420  $\mu$ m extrudida con

15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm, 2) Cultivar 145: harina integral extrudida con 18% de humedad y con una velocidad de tornillo de 170 rpm; harina de sorgo decorticado extrudida con 15% de humedad y con una velocidad de tornillo de 130 rpm.

Las harinas integrales fueron obtenidas moliendo el grano de sorgo en molino de cuchillas (marca tigre, tipo CV2, potencia 0.75CV, 3800 rpm S.P. Brasil) usando una criba con una abertura de 3mm y a continuación una molienda en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumat Senior. En el caso de la obtención de harinas de sorgo decorticado las muestras fueron previamente decorticadas (20%) con su contenido de humedad original (12,23%) en una beneficiadora de arroz Kepler Weber (S' Andrea Limeira S.P. Brasil) durante 1 minuto y posteriormente sometidas a molienda en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumat Senior. La harina con tamaños de partícula menores de 0.420 mm fue obtenida acondicionando el grano (decorticado de acuerdo a las condiciones anteriores) a un contenido de humedad de 15%. Después de la adición de agua las muestras fueron agitadas vigorosamente para homogenización de la humedad y dejadas en reposo en un recipiente de plástico cerrado herméticamente durante 18 horas a temperatura ambiente y finalmente molidas en el sistema de quiebra del molino Brabender Quadrumat Senior, separando las fracciones con tamaños de partícula menores de 0,420 mm.

### *Proceso de extrusión.*

Las harinas obtenidas fueron acondicionadas a contenidos de humedad de 15 o 18% mediante la aspersión de una solución de hidróxido de calcio (0,15% en relación al peso de la harina). Durante la aspersión, la mezcla fue agitada en un mezclador planetario Brabender durante 15 minutos. Las harinas acondicionadas fueron colocadas en bolsas de polietileno y dejadas en reposo por 2 horas a temperatura ambiente, con la finalidad de promover mayor homogenización de la humedad. Las pruebas de extrusión fueron realizadas en un extrusor de laboratorio marca Brabender modelo GNF 1014/2 de tornillo sin fin único, con camisa ranurada usándose un tornillo de 38 cm de largo y 1,9 cm de diámetro con una relación de compresión de 1:1. La alimentación de la harina en el extrusor fue realizada con el alimentador Brabender con velocidad variable para obtener un flujo constante de 70 g/min. Las harinas obtenidas en las pruebas preliminares, fueron evaluadas y seleccionadas, basándose en la textura y facilidad de preparación de la masa y elaboración de tortillas. En las pruebas realizadas fueron usadas las siguientes variables del proceso de extrusión. Temperatura de la 1ª, 2ª, y 3ª, zonas, 80, 100 y 100º C respectivamente, dado con fondo cilíndrico de 5 mm de diámetro; concentración de Ca(OH)2 0.15% (basados en el peso seco de la harina) contenido de humedad de la harina 15 ó 18%; velocidad de tornillo de

130 o 170 rpm, con una relación de compresión 1:1. Las muestras extrudidas fueron secadas en estufa con circulación forzada de aire, a temperatura de 45° C durante 3 horas. Posteriormente fueron molidas en un molino de cuchillas con criba de abertura de 3 mm de diámetro y finalmente en el sistema de quiebra y reducción del molino Brabender Quadrumart Senior.

*Elaboración de tortillas*

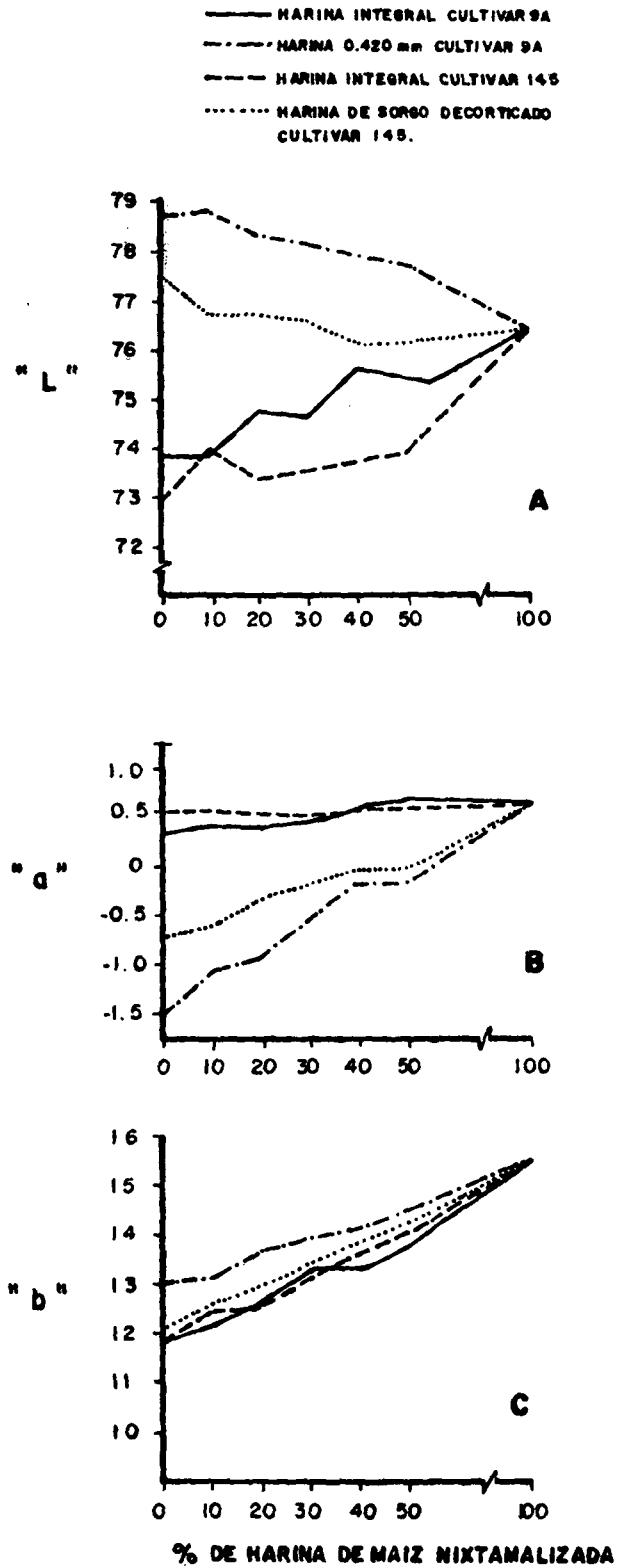
Las 4 harinas de sorgo instantáneas fueron mezcladas con harinas de maíz nixtamalizada, usada esta última, en proporciones de 10, 20, 30, 40 y 50% y posteriormente amasadas con agua, hasta obtener una textura apropiada para elaboración de tortillas. Fueron cortadas porciones de aproximadamente 25 g amasadas y modeladas en forma de disco usando una amasadora comercial para la elaboración de tortillas de aproximadamente 12 cm de diámetro y 1 mm de espesor. Las tortillas fueron cocidas en una superficie de barro (comal) a una temperatura aproximadamente de 180° C durante 3 minutos por ambos lados.

*Análisis*

La determinación de color de las harinas y tortillas fue realizada utilizando el colorímetro de reflectancia Hunterlab D25. Este equipo mide el color de las superficies planas, simulando la luz del día, basado en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro y la reflejada por el color blanco, así como la descomposición de la luz en los colores rojo, azul, amarillo y verde (14) L: mide la brillantez y varía de 100 para blanco y 0 para el negro a: mide el color rojo (+a) y verde(-a) y b: mide el color amarillo (+b) y azul (-b). Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de 5% de significancia para la comparación múltiple de medias (15).

**RESULTADOS Y DISCUSION**

En las gráficas 1A, 1B y 1C son presentados los resultados obtenidos en el color de las mezclas de harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada. Las harinas integrales de ambos genotipos obtenidas por extrusión presentaron una coloración más oscura (menores valores de +L) en relación a la obtenida de los mismos sorgos decorticados. A este respecto Reichert (4) cita que algunos compuestos identificados en mijo como son glucosilvitexina, glucosilorientina y vitexina son responsables por el intenso color amarillo verdoso de la harina de mijo en presencia de álcali y pueden ser responsables por el color gris natural del endospermo periférico del grano. El color blanco (+L) de las harinas integrales instantáneas de ambos genotipos fue mejorado con la adición de harina nixtamalizada de maíz amarillo, manteniéndose prácticamente constantes los valores de +a en el caso de harinas integrales, con un aumento de los valores de +b (amarillo) en las cuatro muestras estudiadas a medida que aumento el nivel de substitución de harinas



GRAFICAS 1A, 1B y 1C

Color de las mezclas de harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada

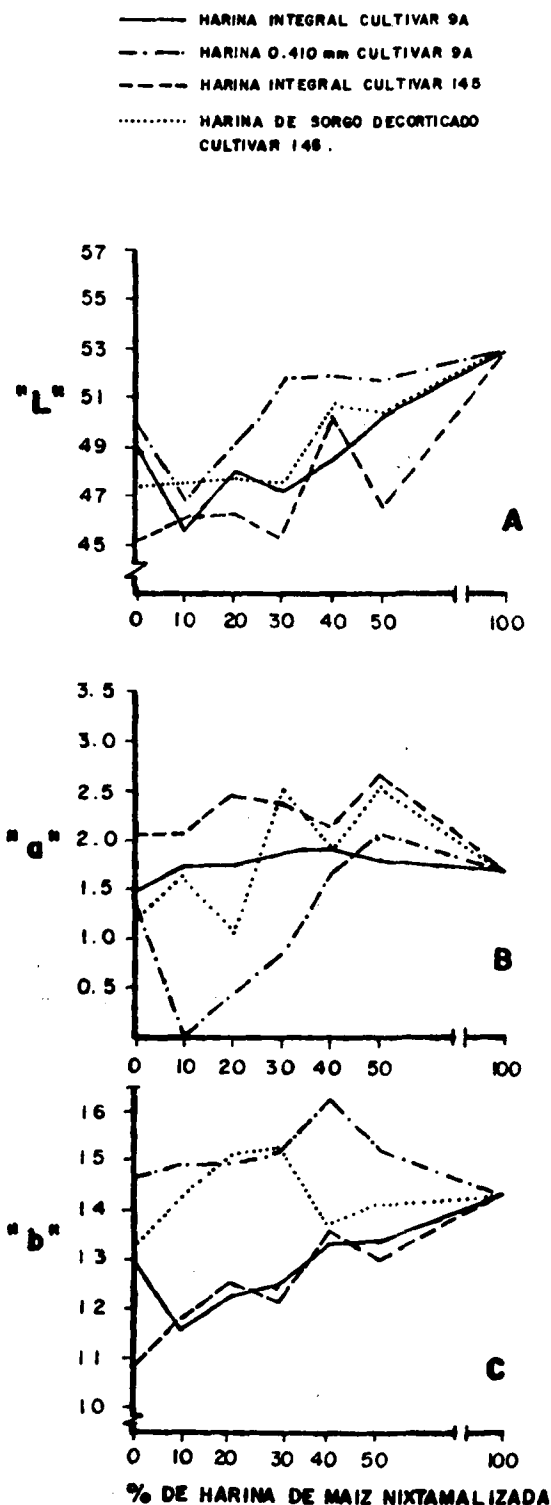
instantáneas de sorgo. Las harinas con tamaños de partículas menores de 0.420 mm del genotipo 9A y harina de sorgo decorticado del genotipo 145 presentaron mayores valores de +L en relación al testigo y a sus respectivas harinas integrales.

La adición de niveles crecientes de harina de maíz a las mezclas de harinas instantáneas de sorgo provocó una reducción en los valores de la diferencia total de color en relación al testigo (harina de maíz nixtamalizada) (Tabla 1). Presentándose las menores diferencias en el caso de harinas instantáneas elaboradas con sorgo decorticado de ambos genotipos.

Las tortillas de harinas instantáneas de sorgo integral de ambos genotipos presentaron colores más oscuros en relación a las tortillas elaboradas de harina de sorgo decorticado. No obstante, el color desarrollado por las harinas integrales o sus respectivas tortillas no debe ser considerado un factor limitante, considerando que ocasionalmente, en diversas regiones de México y América Central se consumen tortillas elaboradas con maíz de color azul.

En las tortillas elaboradas con mezclas de harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada fue observado un aumento en los valores de +L (blanco) a medida que fue aumentando el porcentaje de harina de maíz nixtamalizada en las mezclas (Gráfica 2A). Los valores de (+a) sufrieron un incremento con la adición de harina de maíz (Gráfica 2B), obteniéndose tortillas con tonalidades más amarillas (Gráficas 2C). Sin embargo, en el caso del uso de harinas de sorgo decorticado con tamaños de partículas menores de 0.420 mm del genotipo 9A y harinas de sorgo del genotipo 145, fue observado un color menos blanco en las tortillas en relación al testigo con un aumento en los valores de (+b) (más amarillas). Choto et al (11) reportan la obtención de tortillas por proceso tradicional de buenas características cuando 25% del maíz fue reemplazado por sorgo blanco integral y que el color de las tortillas fue mejorado a medida que se incrementó el nivel de perlado de sorgo, obteniéndose buena calidad de tortillas con sorgo perlado 15% a diferentes niveles de sustitución de maíz amarillo.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la diferencia total del color (DE) entre las tortillas elaboradas con las diferentes mezclas de harinas instantáneas de sorgo y de harina de maíz nixtamalizada, en relación al testigo (harina de maíz nixtamalizada). Las harinas del cultivar 9A presentaron menores diferencias en relación al testigo notablemente a un nivel de sustitución de 50%. No fue observado un comportamiento genérico en el color de las tortillas a medida que aumentó el nivel de sustitución de harina de sorgo en la mezcla. Esto puede ser atribuido a diferencias en el contenido de humedad de las muestras que afecta la intensidad del color de las mismas (16) así como



GRAFICAS 2A, 2B y 2C

Color de las tortillas elaboradas con harinas instantáneas de sorgo y harina de maíz nixtamalizada

**TABLA 2**  
**DIFERENCIA TOTAL EN EL COLOR (DE) DE LAS MEZCLAS DE HARINA**  
**INSTANTANEA DE SORGO Y HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA EN RELACION AL TESTIGO <sup>1</sup>**

Muestra	Porcentaje de harina de maíz nixtamalizada en la mezcla					
	0	10	20	30	40	50
9A integral 15% humedad 130 rpm	3,7 ± 0,1 <sup>2</sup>	7,4 ± 0,0	5,7 ± 0,0	5,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1	2,2 ± 0,0
9A decorticado 1 minuto 0,42 mm 15% humedad	7,3 ± 0,2	6,1 ± 0,0	4,0 ± 0,0	2,2 ± 0,1	3,3 ± 0,0	1,9 ± 0,1
145 integral 18% humedad 170 rpm	10,0 ± 0,0	0,2 ± 0,1	8,8 ± 0,1	9,7 ± 0,0	5,0 ± 0,1	8,4 ± 0,0
145 decorticado 1 minuto, 15% humedad, 130 rpm	7,7 ± 0,0	7,3 ± 0,1	4,5 ± 0,1	7,6 ± 0,0	5,5 ± 0,0	5,2 ± 0,0

1: Harina de maíz nixtamalizada

2: El valor precedido del signo ± se refiere a la desviación estandar de la media.

**TABLA 1**  
**DIFERENCIA TOTAL EN EL COLOR (DE) DE LAS MEZCLAS DE HARINA**  
**INSTANTANEA DE SORGO Y HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA EN RELACION AL TESTIGO <sup>1</sup>**

Muestra	Porcentaje de harina de maíz nixtamalizada en la mezcla					
	0	10	20	30	40	50
9A integral 15% de humedad 130 rpm	4,3 ± 0,1 <sup>2</sup>	3,9 ± 0,0	3,6 ± 0,1	3,2 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,2 ± 0,1
9A decorticado 1 minuto 0,42mm 15% de humedad, 130 rpm	4,2 ± 0,1	4,0 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,8 ± 0,1
145 integral 18% de humedad 170 rpm	5,1 ± 0,1	4,5 ± 0,2	4,2 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1
145 decorticado 1 minuto 15% humedad 130 rpm	4,6 ± 0,1	3,9 ± 0,1	3,3 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,1 ± 0,1	1,7 ± 0,1

1: Harina de maíz nixtamalizada

2: El valor precedido del signo ± se refiere a la desviación estandar de la media.

también las harinas nixtamalizadas de maíz (comerciales) presentan desuniformidad en relación a color y diámetro medio de partícula.

### CONCLUSIONES

La adición de niveles crecientes de harina nixtamalizada de maíz amarillo a las mezclas, mejoró sus características de color principalmente en el caso de harinas integrales. Las tortillas elaboradas con harina de sorgo decortinado presentaron mejores características de color en relación al testigo. Los resultados obtenidos mostraron que existen cambios considerables en el color de la harina cuando es transformada en tortilla atribuido a las diferencias en el contenido de humedad de las tortillas y desuniformidad en el color y diámetro medio de partículas de las harinas nixtamalizadas de maíz (comercial).

### REFERENCIAS

1. Rooney, LW and Murty DS. Color of sorghum food products, page 323 In: Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality. Rooney LW, and Murty DS (eds.) ICRISAT CENTER Patancheru, India, 1982.
2. Bedolla S. Development and characterization of an instant tortilla flour from sorghum and maize infra-red cooking (microni-zing) and extrusion cooking. Dissertation submitted to the graduate college of Texas A & M University. Doctor of Philosophy, 1983.
3. Reichert, RD and Youngs, CG Bleaching effect of acid on pearl millet. Cereal Chem 56:287, 1979.
4. Reichert RD. The pH-sensitive pigments in pearl millet. Cereal Chem 56:291, 1979.
5. Pushpamma P and Vogel SM Consumer acceptance of sorghum and sorghum products page 341 In: Proceeding of the international symposium on sorghum grain quality. Rooney, LW and Murty DS (eds) ICRISAT CENTER Patancheru, India 1982.
6. Bressani R, Elias LG Allwood Paredas, AE and Huevo, MT. Processing of sorghum by lime-cooking for the preparation of tortillas in: Proceeding of a symposium on sorghum and millets for human food. Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemists in Vienna, 1977.
7. Iruegas, A., Cejudo H. and Guiraggossian, V. Screening and evaluation of tortillas from sorghum and sorghum-maize mixtures. page 92 In: Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality. Rooney LW and Murty DS eds ICRISAT CENTER Patancheru, India 1982.
8. Bedolla S, González de Palacios, M Khan, MN and Rooney LW. The cooking characteristics of sorghum and com for tortillas preparation for traditional methods In: Proceedings of the INTSORMIL. Sorghum grain quality workshop for Latin America. INIA-ICRISAT/CIMMYT. El Batán, México 1982.
9. Silva PM Elaboración de harinas nixtamalizadas de Sorgo (*Sorghum bicolor*/L/Moench) para tortillas. Características químicas y tecnológicas. Tesis de Licenciatura. Depto. de Industrias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1983.
10. Ramírez BRE. Elaboración de harinas pre-gelatinizadas de Sorgo (*Sorghum bicolor*/L/ Moench) por proceso hidrotérmico. Características químicas y usos. Tesis de Licenciatura Departamento de Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chapingo, 1984.
11. Choto, CE, Morad, MM and Rooney LW. The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone blended with yellow maize. Cereal Chem 62: 51-55. 1985.
12. Serna-Saldivar SO, Tellez-Giron, and Rooney LW. Production of tortilla chips from sorghum and maize. J. of Cereal Sc. 8:275, 1988.
13. Almeida-Domínguez, HD, Serna-Saldivar SO and Rooney, LW Properties of new and commercial sorghum hybrids for use in alkaline-cooked foods. Cereal Chem 68:25 1991.
14. Hunterlab, Manual instruction, Model D-25 L-2 Reston, Virginia, U.S.A. 1976
15. Pimentel GF. Componentes principales e correlacoes canônicas. Nova Odessa, SP. Brasil 18 p. 1984.
16. Manoharkumar BP Gerstenkarn K. Seiler and H. Boiling on measurement of color of maize and its products. J of Food Sc and Tech. 15:6-11, 1976.

# Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para valles altos

Yolanda Salinas M<sup>1</sup>, José Luis Arellano V<sup>2</sup> y Fernando Martínez B<sup>3</sup>

**RESUMEN.** La evaluación de las propiedades físicas y químicas del grano de maíz permite caracterizar de manera integral las variedades experimentales que presentan buen rendimiento y características agronómicas favorables, los objetivos del presente estudio fueron: 1) clasificar 24 híbridos modernos de maíz tipo precoz; en base al tipo de endospermo y 2) determinar sus propiedades físico-químicas y sus correlaciones. Los parámetros físicos fueron: peso hectolitrico (Peh), textura de endospermo (TE), índice de perlado (IP), peso de 1000 granos (P1000), reflectancia en el infrarrojo (NIR) y color (Ref), los químicos: proteína (Prt), lisina (Lis) y triptofano (trp). La clasificación en base al IP Permitió detectar 5 híbridos con endospermo suave, 12 intermedios y 7 duros. Los híbridos con endospermo duro presentaron el promedio Peh de 80.30 Kg/hl, Prt de 10.70%, Trip 0.082% y NIR de 0.35, que fueron estadísticamente mayores a aquellos de los híbridos con endospermo suave. El IP correlacionó negativamente con Prt, NIR y Peh y positivamente con Ref, lo cual significa que los maíces con endospermo suave o harinoso presentaron menor contenido de proteína, menor tamaño medio de partícula en la harina, mayor tamaño de grano y harina de color más claro. Se detectaron híbridos con rendimientos de 8.1 a 9.5 ton ha<sup>-1</sup> con endospermo suave, intermedio o duro.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Zea mays* L., textura de endospermo, índice de perlado peso hectolitrico, reflectancia, color de harina, proteína, rendimiento.

## INTRODUCCION

Se encuentra disponible suficiente información respecto a características agronómicas y rendimiento de diversas variedades e híbridos de maíz que han sido desarrollados y adaptados a las diferentes regiones productoras de México; no obstante pocos estudios abordan aspectos relacionados con sus características físicas y químicas, a pesar que el conocimiento de estas propiedades permitirá un adecuado

**SUMMARY.** Physical and chemical properties and correlations of early corn kernels for high valleys. The evaluation of physical and chemical properties of corn kernels permits the obtaining a wider vision of the experimental hybrids that present good yield and suitable agronomic characteristics. The objectives of this paper were: to classify 24 modern hybrids of early corn according to endosperm texture and to determine their physical and chemical properties and their relationships. The physical parameters tested were: test weight (TW), endosperm texture (TE), pearling index (IP), 1000 kernel wt (W 1000), infrared reflectance (NIR) and color (Ref). The chemical parameters tested were: protein content (Prt), lysine content (Lis) and tryptophan content (Trp). When the hybrids were classified according to IP it was possible to detect 5 hybrids with soft, 12 intermediates and 7 with hard endosperm. The hybrids with hard endosperm presented an average TW of 80.3 Kg/hl, 10.70% of Prt, 0.082% of Trp and 0.35 of NIR, these values were statistically higher than those hybrids with soft endosperm; the IP showed a negative relationship with Prt, NIR and TW; a positive relationship was observed with Ref, meaning that corn grains with soft endosperm presented lower protein content and smaller average flour particle size, larger size grain and whiter color. It was possible to detect hybrids with yields from 8.1 to 9.5 t ha<sup>-1</sup> with soft, intermediate and hard endosperms.

aprovechamiento y obtener una visión más completa de los avances que se están obteniendo. En los últimos años se ha puesto de manifiesto (1,2) que cada proceso industrial específico al cual se destina el maíz requiere de un tipo especial de grano en relación a características físicas y químicas con la finalidad de optimizar rendimientos y mejorar en la calidad de los productos.

El endospermo del grano de maíz dentado presenta dos regiones diferentes: una harinosa y otra cristalina; estas regiones son variables en proporción de acuerdo al tipo de maíz, aunque normalmente se encuentran en la proporción 2:1 (3). Los maíces harinosos como el Cacahuacintle,

1,2,3: Investigadores de CIFAP-MEXICO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Apdo. Postal 10, C.P. 56230, Chapingo, Edo. de México, México.

además de ser muy suave poseen en su endospermo una mayor área porosa por lo que presentan baja densidad (4). Los términos duro y suave se usan para designar las áreas cristalina y harinosa presentes en el endospermo del grano; mientras mayor sea el área harinosa en el endospermo del grano de maíz, más suave será éste (1).

Existe una alta correlación entre la dureza del grano de maíz y el contenido de proteína (5,6,7). Diferencias en compactación de componentes celulares, tamaños de célula y espesor entre las paredes celulares en el endospermo juegan parte importante en diferencias en dureza del grano. La estructura de las células del endospermo es el factor más importante, debido a que en células vítreas la matriz proteica rodea cada célula de almidón, siendo más delgada esta matriz en maíces con textura harinosa. No obstante mediante mejoramiento genético puede modificarse el contenido de proteína total y relación del componentes proteínicos (1). Diversos métodos han sido estudiados con la finalidad de determinar las características físicas del grano de maíz involucradas en su comportamiento durante el procesamiento como son la densidad, dureza, contenido de proteína, tiempo de cernido, tamaño medio de partícula, reflectancia en el infrarrojo a 1680 nm, peso hectolitrico e índice de perlado (8,9,10).

El presente estudio presentó como objetivos: 1) clasificar a 24 híbridos modernos de tipo precoz en base al tipo de endospermo y 2) determinar algunas propiedades físicas y químicas con sus respectivas correlaciones.

#### MATERIALES Y METODOS

Se emplearon 24 híbridos modernos de maíz tipo precoz para valles altos que fueron seleccionados por rendimiento y características agronómicas en siembras de temporal realizadas en Chapingo, Méx. en 1987. Estos híbridos presentaron rendimientos de 7.0 a 9.5 ton ha<sup>-1</sup> esto es de 40 a 72% sobre el híbrido comercial H-32, en precocidad presentaron desde cinco días abajo hasta tres días a la floración femenina por arriba del testigo; así mismo, presentaron menor contenido de humedad en el grano a la cosecha y menor relación grano olote. Los materiales previamente limpiados se sometieron a los análisis físicos siguientes:

- Peso hectolítrico (Peh).** Se realizó empleando una balanza Ohaus de 1 Kg y las determinaciones se hicieron en Kg/hl.
- Humedad (H).** Su contenido se determinó con un equipo Steinlite.
- Índice de perlado (IP).** Se siguió la metodología empleada por Buendía (5) que consiste en someter 20 g de grano a una acción abrasiva por un minuto empleando una perladora de cebada Strong-Scott. El índice de perlado se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$IP(\%) = \frac{(20-X)100}{20}; \quad X = \text{material retenido en la malla}$$

- Peso de 1000 granos.** Peso en gramos de una muestra de 1000 granos, seleccionados al azar.
- Textura de endospermo.** Se realizó según la técnica usada por Bedolla (8) que consiste en seleccionar aleatoriamente 10 granos de muestra y partirlos sobre el plano mayor. Se califican visualmente los granos de acuerdo a la proporción de endospermo harinoso o cristalino según la siguiente escala: 1 = 100% cristalino, 2 = 75% cristalino, 3 = 50% cristalino, 4 = 25% cristalino, 5 = 100% harinoso.
- Reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR).** Se realizó en harina de maíz obtenida de un molino Falling Number Laboratory 30. Utilizando el equipo Infraanalyzer Technicon/Dickey John, elaborando una curva incluyendo un rango de maíces de textura suave a vítreo. El valor de NIR estima de manera indirecta el tamaño medio de partícula (TMP) en la harina y se ha observado que el TMP permite inferir sobre la dureza del grano, dado que variedades de maíces duros producen harina con mayor TMP y presentan elevados valores de NIR; contrariamente, los maíces suaves producen una harina con bajo TMP y también bajos valores de NIR (2).
- Color.** Este parámetro se midió en harina de maíz, empleando el reflectómetro Agtron que mide el porcentaje de luz reflejada por la muestra. Se usó el espectro amarillo y un tamaño de muestra aproximado de 15 g.

Los análisis químicos a los que fueron sometidos los materiales fueron:

- Proteína.** Se cuantificó en grano integral usando el método automatizado Technicon (No. 321-74).
- Lisina.** Para este análisis se empleó el método de Tsai, modificado por Villegas y Mertz (11).
- Triptofano.** Se usó el método de Opienska-Blauth modificado por Hernández y Bates (12).

Los datos registrados por grupo de variedades se adicionaron a un diseño experimental completamente al azar con 2 repeticiones. Se realizó análisis de varianza para todos los parámetros registrados y comparación de medias en base a la prueba de Tukey (0.05 de probabilidad de error).

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En base a los datos obtenidos en la evaluación mediante el índice de perlado, fue posible clasificar a los híbridos precoces en base a textura del endospermo, de este modo se establecieron los siguientes grupos: grupo 1 duro con IP 20%, grupo 2 intermedio con IP 30% (IP) 20% y grupo 3

suave con IP 30% (Tabla 1).

En el peso hectolítrico (Peh) se encontraron diferencias de los tipos duros e intermedios respecto a los suaves que mostraron la menor calificación (76.50 Kg/hl) esto es, maíces con endospermo duro o intermedio presentaron mayor Peh en relación a los maíces con endospermo suave. Lo anterior coincide con lo señalado por Pomeranz et al (10) respecto a que los maíces con endospermo duro presentan mayor Peh que los de endospermo suave, por lo que son más densos y pesados. También estos autores señalaron que el Peh es un buen índice de la dureza del grano cuando se analizan muestras semejantes y con igual contenido de humedad.

Los híbridos estudiados no presentaron diferencia significativa en el rendimiento, independientemente del tipo de endospermo con que fueron clasificados; basándose en el índice de perlado (IP). El contenido de humedad también presentó un comportamiento similar, aunque algunas investigaciones (4) informan que los maíces con endospermo duro retienen menos humedad que los maíces suaves cuando son manejados bajo las mismas condiciones.

Los valores de reflectancia en el infrarrojo (NIR), presentaron diferencias significativas de acuerdo a la textura del endospermo, esto es los tipos duros muestran valores más elevados que el de los intermedios y suaves, esta respuesta está relacionada con los valores del índice de

perlado ya que los maíces duros son más resistentes a la acción abrasiva del perlado dando como resultado harina con mayor tamaño de partícula. En relación con los valores de reflectancia (Ref) se encontró que los maíces suaves e intermedios fueron diferentes de los duros porque presentaron un tipo más blanco de harina. Respecto a las propiedades químicas: los maíces duros presentaron mayor contenido de proteína, y triptofano que los intermedios y suaves (Tabla 1). Algunos autores (4,5,7) también han reportado mayores valores de proteína en maíces con endospermo duro.

Para los maíces precoces considerados en este estudio es posible señalar que el rendimiento no guarda una relación exclusiva con algún tipo de endospermo, ya sea éste duro, intermedio o suave y por otro lado que, maíces con endospermo duro presentaron peso hectolitrico promedio de 80.30 Kg/hl, contenido de proteína de 10.70%, de triptofano de 0.082% y tamaño medio de partícula de 0.35 que fueron estadísticamente mayores a los valores presentados por granos de híbridos con endospermo suave.

Considerando el conjunto de 24 maíces precoces, se realizó un análisis de correlación entre propiedades físico-químicas del grano, se observó que el TE mostró correlación negativa y altamente significativa con Peh (-0.56\*\*) y NIR (.0.54\*\*) infiriendo que al ser el maíz más harinoso, presenta un Peh más bajo y el tamaño medio de partícula en la harina es menor; la correlación positiva observada entre

TABLA 1  
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS <sup>1</sup> Y SU SIGNIFICANCIA ESTADISTICA <sup>2</sup> DE HIBRIDOS MODERNOS TIPO PRECOZ AGRUPADOS DE ACUERDO A SU TEXTURA DE ENDOSPERMO

	Grupo (tipo de endospermo)		
	1 (Duro)	2 ( Intermedio)	3 (suave)
Rendimiento ton ha <sup>-1</sup>	7,8a,	7,6a,	8,2a
<u>Propiedades físicas</u>			
NIR (Reflectancia infrarojo 1680 nm)	0,35a	0,34b	0,31c
Humedad (%)	10,20a	10,60a	10,30a
Peso hectolitrico (Kg/hl)	80,30b	79,10b	76,50a
Peso de 1000 gramos (g)	281,30a	281,90a	300,70a
Indice de perlado (%) <sup>1</sup>	7,00c	25,00b	31,80a
Reflectancia o color, 100% = blanco	77,20b	83,00a	84,00a
<u>Propiedades químicas</u>			
Proteína (%)	10,70a	9,70a	8,60b
Lisina (g/100g de muestra)	0,32a	0,31a	0,32a
Triptofano (g/100 de muestra)	0,082a	0,075c	0,078b

<sup>1</sup> Base seca

<sup>2</sup>  $\alpha = 0,05$

TE y Ref (0.42\*) indica que mientras más harinoso sea un grano presentará un valor de Ref más alta y será por tanto más blanca su harina. La proteína estuvo correlacionada de manera negativa con IP (0.70\*\*) y TE (-0.49\*) lo que significa por un lado que los maíces con bajo IP (duros) poseen más proteína que los de alto IP (suave) debido a que las matrices proteínicas del endospermo son más densas que en los maíces suaves y circundan totalmente al gránulo (1). Por otro lado, el TE refleja la proporción de endospermo harinoso/cristalino que un grano presenta, lo cual se halla relacionado con la dureza o suavidad del mismo. La correlación observada entre TE y contenido de proteína refuerza lo ya expresado en el sentido de que al ser el grano más duro, posee más proteína.

La reflectancia en el infrarrojo (NIR), se correlacionó negativamente con el IP (-0.71\*\*) lo cual indica que los granos que son más susceptibles a la acción abrasiva del perlado producen harinas finas con menor tamaño de partícula y con bajos valores de NIR. La correlación positiva observada entre NIR y Peh (0.78\*\*) señala que al ser el grano más denso y compacto, es también más duro, por lo que su harina presenta un mayor tamaño de partícula y elevados valores de NIR.

Para dar una explicación a la correlación positiva observada entre el aminoácido triptofano y el contenido de proteína (0.47\*) es necesario citar lo señalado anteriormente respecto a la relación entre dureza de grano y contenido proteínico. Al respecto, Bennet et al (3) mencionaron que el endospermo cristalino o córneo de los maíces duros presenta alto porcentaje de glutelina. En 1970, Cortez y Wild-Altamirano (7) encontraron que a mayor dureza de grano, correspondía un aumento en el contenido de glutelina, la que actúa como cementante natural para formar una estructura rígida. Dado que la fracción proteínica

glutelina a diferencia de la zeína, posee en su estructura el aminoácido triptofano (1) y de acuerdo a lo citado anteriormente, a un incremento en la dureza del grano corresponde un aumento en el contenido de esta fracción proteínica dando como resultado un incremento en el valor del triptofano (Tabla 2).

Los resultados por grupo individual de tipo de endospermo se presentan en la Tabla 3. Los maíces calificados como suaves presentaron en su endospermo de 50 a 75% de área harinosa y sus IP fueron elevados (30.0-33.6%) esto es, existe una relación directa entre endospermo harinoso e IP. De acuerdo a lo reportado por Watson y Remstad (1) y Martínez y Lachance (4) el endospermo de los maíces suaves manifiesta una área porosa considerablemente mayor a la que se observa en los maíces con endospermo duro.

El peso hectolítrico mostró un intervalo de 75.0-79.0 Kg/hl. Este parámetro es una medida indirecta de la densidad del grano. Pomeranz et al (10) han reportado una correlación positiva ( $r=0.94$ ) entre esas determinaciones. El peso hectolítrico es de gran importancia en el almacenamiento; transporte y comercialización del maíz; algunos factores que afectan su determinación son el tamaño y forma del grano, presencia de granos rotos y material extraño. Para observar la relación entre tamaño y forma del grano con el peso hectolítrico, se seleccionaron muestras de peso hectolítrico alto y bajo. De cada muestra se tomaron aleatoriamente 20 granos a los que se midió largo, ancho y espesor. En la Tabla 4 se muestran los resultados. Se encontró que los valores de peso hectolítrico más bajos correspondieron a muestras que presentaron grano grande y forma aplanada, ocupando mayor área dentro del recipiente, mientras que el peso hectolítrico más elevado se observó en las muestras de grano pequeño y

TABLA 2  
CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS  
DE LOS MAICES HIBRIDOS MODERNOS TIPO PRECOZ

	IP	Peh	Ref	NIR	TE	Prt	Trp
IP	—	-0,63**	0,67**	-0,71**	0,57**	-0,70**	
Peh		—	-0,41*	0,78**	-0,56**	0,69**	
Ref			—	-0,60**	0,42*	-0,51**	
NIR				—	0,54**	0,67**	
TE					—	-0,49*	
Prt						—	0,47*

\* Significativo ( $= 0,05$ )

\*\* Altamente significativo ( $= 0,01$ )

IP: Índice de perlado

Peh: Peso hectolítrico

Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo

TE: Textura de endospermo

Prt: Proteína

Trp: Triptofano

forma redondeada. Estos resultados son similares a los reportados por Pomeranz et al. (9) quienes citan que los granos aplanados presentan peso hectolitrico más bajo que el de granos redondeados. Observaciones en campo mostraron que el grano más grande estaba asociado con forma aplanada; endospermo suave y color más claro, en tanto que el grano pequeño fue de forma redondeada y de color blanco cremoso. La influencia de tamaño y forma sobre el Peh parece más evidente cuando se observa a las variedades 17 y 46 que presentaron Peh de 82.8 y 75.4 Kg/h respectivamente, no obstante que presentaron la misma textura de endospermo (Tabla 4).

El grano de los maíces suaves fue blanco cremoso y su harina cruda mostró valores de reflectancia superior a 80%. El parámetro de reflectancia es importante para algunas

compañías que producen harinas nixtamalizadas de exportación a mayor reflectancia más blanca es la harina y la tortilla elaborada. La suavidad del grano en los materiales referidos condujo a que al someter el grano a molturación, se obtuviera una harina fina y con bajos valores de NIR, tal como lo señalaron Pomeranz et al (10) para harina de maíz con endospermo suave.

El contenido de proteína en los maíces suaves presentó un intervalo de 8.2 a 9.3%, los valores de lisina variaron de 0.6 a 0.36% y los de triptofano fueron constantes en 0.08% (Tabla 3). En síntesis se puede indicar que los maíces de endospermo suave estudiados, fueron de color blanco cremoso y presentaron valores bajos de Peh, altos en IP y Ref; y bajo contenido de Prt; con estas propiedades destacaron los híbridos 46 y 48 que presentaron rendimientos de 9.5 y 8.7 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente.

TABLA 3  
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE MAICES HÍBRIDOS MODERNOS  
PRECOCES CON ENDOSPERMO SUAVE

Nº de Var.	Rend ton/ha <sup>-1</sup>	Físicas					Propiedades				Químicas	
		H (%)	Peh Kg/h	P1000 g	Ip (%)	Ref (%)	NIR 1680nm	Prt (%)	Lis (%)	Trp (%)		
46	9,5	9,4	75,4	283,8	33,5	83	0,326	8,8	0,32	0,08		
78	8,5	10,6	76,8	290,0	31,5	84	0,323	8,2	0,33	0,08		
85	7,9	9,6	76,4	257,9	30,0	86	0,302	9,3	0,36	0,08		
14	7,0	11,2	75,0	266,0	30,0	83	0,317	8,3	0,26	0,08		
48	8,7	11,0	79,0	306,0	33,6	84	0,321	8,7	0,35	0,08		

H: Humedad

Peh: Peso hectolítrico

P1000: Peso de 1000 gramos

IP: Índice de perlado

Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo

Prt: Proteína

Lis: Lisina

Trp: Triptofano

TABLA 4  
DIMENSIONES DE GRANO Y PESO HECTOLITRICO EN VARIEDADES DE MAIZ  
CON FORMA DE GRANO REDONDEADA Y APLANADA

Nº de Var.	Ton ha <sup>-1</sup>	Dimensiones (mm)				Peso hectolítrico Kg/h	Forma del grano
		TE	Ancho	Largo	Espesor		
64	7,3	2	6,3	11,4	4,1	82,0	Redondeada
17	7,4	3	6,6	11,9	4,5	82,8	Redondeada
59	8,2	2	6,1	10,3	4,4	82,0	Redondeada
146	8,4	4	6,9	13,3	3,9	75,0	Aplanada
157	7,0	4	7,0	14,5	4,3	73,8	Aplanada
46	9,5	3	7,0	13,4	4,5	75,4	Aplanada

\* Textura de endospermo

Los híbridos con textura de endospermo intermedio correspondientes al grupo 2, presentaron valores de IP entre 20 y 30%, su Peh varió de 75.8 a 82.8 kg/hl, la Ref de 82.0 a 84.0, los valores de NIR de 0.320 a 0.362 y el contenido de proteína de 8.2 a 11.6%; estos valores fueron ligeramente mayores que aquellos de los híbridos con endospermo suave, excepto los de Ref. El valor de los aminoácidos triptofano y lisina en las variedades suaves e intermedias estuvo dentro de los niveles reportados para el maíz normal, observándose que la relación existente entre estos aminoácidos es aproximadamente 1:4, de acuerdo con lo reportado por Hernández y Bates (12).

La variación del rendimiento de este grupo de híbrido de 6.9 a 9.0 ton ha<sup>-1</sup> fue prácticamente similar a la del grupo de maíces con endospermo suave, los híbridos 131 y 31 con rendimiento 9.0 y 8.6 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente son los más destacados de este grupo (Tabla 5).

Los híbridos con endospermo duro sobresalieron por su peso hectolítrico elevado (78.2 a 82.2 Kg/hl). El contenido de proteína en el grano fue superior a lo observado en los maíces de endospermo suave e intermedio. La reflectancia en la harina cruda en los maíces con endospermo duro presentó valores de 71 a 82 que fueron los más bajos

comparándolos con los registrados para el grupo de endospermo suave e intermedio. Esto podría atribuirse en parte a la coloración rosa intenso del pericarpio que presentaron los híbridos 55, 57, 65, y 54, que produjeron harinas ligeramente pigmentadas (Tabla 6).

Los híbridos 200, 65 y 55 destacan en este grupo de endospermo duro por su rendimiento de 9.5, 8.2 y 8.1 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente.

## CONCLUSIONES

En los híbridos modernos de tipo precoz estudiados y clasificados en base al tipo de endospermo mediante el método de índice de perlado se detectaron 5 maíces con endospermo suave, 12 intermedios y 7 duros.

El rendimiento registrado en estos híbridos de 6.9 a 9.5 ton ha<sup>-1</sup> no guarda una relación exclusiva con algún tipo de endospermo del grano; ya sea éste suave, intermedio o duro.

Los híbridos con endospermo duro presentaron en promedio peso hectolítrico de 80.3 Kg/hl, contenido de proteína de 10.70%; de triptofano 0.082% y tamaño medio de partícula (NIR) de 0.35; valores que fueron estadísticamente mayores a aquellos presentados por el grano de los híbridos con endospermo suave.

TABLA 5  
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS EN MAICES HIBRIDOS  
CON TEXTURA DE ENDOSPERMO INTERMEDIO

Nº var	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Propiedades									
		Físicas					Químicas				
		H (%)	Peh (Kg/h)	P1000 g	IP (%)	TE	Ref	NIR 1680nm	Prt (%)	Lis (%)	Trp (%)
36	7,1	9,7	77,4	274,0	26,9	3	82,0	0,329	9,9	0,32	0,08
38	6,9	10,5	79,6	306,0	28,0	3	83,0	0,338	9,9	0,43	0,08
131	9,0	10,0	78,6	310,5	25,0	3	83,0	0,326	10,0	0,30	0,07
173	7,8	10,2	79,0	251,0	22,5	3	83,0	0,239	10,7	0,40	0,80
17	7,4	12,3	82,8	284,5	24,6	3	84,0	0,362	11,6	0,27	0,08
18	7,6	11,9	81,8	260,5	23,6	3	83,0	0,341	8,6	0,27	0,07
22	7,9	10,6	79,2	260,9	23,9	3	83,0	0,351	10,1	0,27	0,07
32	6,9	10,4	78,8	307,0	21,5	3	83,0	0,326	9,8	0,27	0,07
31	8,6	10,2	79,2	288,5	26,0	3	82,0	0,331	10,2	0,30	0,07
92	7,4	10,7	78,6	238,8	27,8	4	82,0	0,325	9,9	0,33	0,08
123	7,2	11,0	78,8	281,5	24,0	3	84,0	0,332	8,2	0,26	0,06
28	7,9	10,5	75,8	332,0	26,5	4	83,0	0,332	8,2	0,26	0,06

H: Humedad  
Peh: Peso hectolítrico  
P1000: Peso de 1000 granos  
IP: Índice de perlado  
Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo  
Prt: Proteína  
Lis: Lisina  
Trp: Triptofano

**TABLA 6**  
**PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS EN MAICES HIBRIDOS**  
**PRECOCES CON ENDOSPERMO DURO**

Nº var,	Rend, ton ha <sup>-1</sup>	Físicas						Propiedades				
		H (%)	Peh (Kg/h)	P1000 g	IP (%)	TE	Ref	NIR 1680nm	Prot (%)	Lis (%)	Trp (%)	
55	8,1	10,9	80,8	267,1	15,3	2	74	0,335	11,2	0,34	0,09	
64	7,3	9,7	82,2	238,9	16,8	2	82	0,359	10,8	0,32	0,08	
57	7,0	10,7	80,0	278,3	17,0	3	74	0,350	10,3	0,35	0,08	
65	8,2	9,7	81,0	246,3	17,0	3	71	0,355	12,0	0,30	0,09	
200	9,5	10,1	79,4	270,0	17,5	3	82	0,344	10,6	0,31	0,09	
64	7,0	10,7	80,0	332,0	18,0	2	76	0,352	9,7	0,31	0,07	
201	7,6	10,1	78,2	336,0	18,0	3	82	0,366	10,5	0,33	0,08	

H: Humedad  
 Peh: Peso hectolítrico  
 P1000: Peso de 1000 granos  
 IP: Índice de perlado  
 Ref: Color

NIR: Reflectancia en el infrarrojo  
 Prt: Proteína  
 Lis: Lisina  
 Trp: Triptofano

El índice de perlado correlacionó negativamente con el contenido de proteína ( $r=-0.70^{**}$ ) y peso hectolitrico ( $r=-0.63^{**}$ ), positivamente con la reflectancia ( $r=0.67^{**}$ ). Esto significa que los maíces con endospermo suave presentaron menor contenido de proteína, menor tamaño medio de partícula en la harina, mayor tamaño de grano y harina de color más claro.

Los híbridos sobresalientes con endospermo suave fueron el 46 y 48 con rendimiento de 9.5 y 8.7 ton ha<sup>-1</sup> y contenido de proteína de 8.8 y 8.7 respectivamente. Con endospermo intermedio el 131 y 31 con rendimiento de 9.0 y 8.6 ton ha<sup>-1</sup> y proteína de 10.0 y 10.2% respectivamente. Con endospermo duro el 200, 65 y 55 con rendimiento de 9.5, 8.2 y 8.1 ton ha<sup>-1</sup> y proteína de 10.6, 12.0 y 11.2%, respectivamente.

**REFERENCIAS**

1. Watson, SA, and Ramstad, EP. Structure and composition. Chapter II, In: Corn: Chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Paul Minnesota 55-56p, 1987.
2. Pomeranz Y, Czuchajowska Z, and FS. Comparison of methods for determination of hardness and breakage susceptibility of commercial dried corn. Cereal Chem. 63(1): 39-43, 1986.
3. Bennet EH, Kernel Hardness in Corn II. A microscopic examination of hard and soft types of dent corn. Cereal Chem. 27:332-238, 1950.
4. Martínez HML, and Lachance, AP. Corn kernel hardness as an index of the alkaline cooking time for tortilla preparation. J. of Food Sc. 44(2):377-380, 1979.
5. Buendia G, Ma. O. Características morfológicas de mazorca, propiedades físicas y de calidad proteínica del maíz (*Zea mays* L) normal y mejorado relacionado con el proceso de nixtamalización. Tesis de Ing. Agr. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 159p, 1981.
6. Trejo GA, Feria MA, and Wild-Altamirano, C. The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation.. Reprinted form: Advances in Chemistry series No. 198. Modification of proteins. Robert and Whitaker Editors, 1982.
7. Cortez A y Wild-Altamirano C. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. En: Bressani, R. et al (Ed.). Mejoramiento nutricional del maíz. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), 1972.
8. Bedolla S. Effect of genotype on cooking and texture of corn for tortilla production. MS. Thesis. Texas A & M University College Station, 1980.
9. Pomeranz Y, Czuchajowsha Z, Martín CK and Lai FS. 1985. Determination of corn hardness by the Stenvert hardness tester. Cereal Chem. 62: 108-102. 1985.
10. Pomeranz Y, Hall GE, Czuchajowka Z and Lai FS. Test weight, hardness, and breakage susceptibility of yellow dent corn hybrids. Cereal Chem. 63(4): 349-351, 1986.
11. Villegas E, and ET Mertz. 1971. Chemical screening methods for maize protein quality at CIMMYT. CIMMYT Research, Bull No. 20, 1971.
12. Hernández HH, and LS Bates. A modified method for rapid tryptophan analysis of maize. CIMMYT Research Bulletin No. 13, 1969.

## Incidencia de toxinas de *Fusarium* en el maíz y productos de la molienda

Adriana Saubois<sup>1</sup>, Marcelo C. Nepote<sup>2</sup>, Juan C. Basílico<sup>3</sup>

Departamento de Bioingeniería, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral.  
Santiago del Estero 2829. 3000 Santa Fe. República Argentina.

**RESUMEN.** Se estudió la incidencia de toxinas de *Fusarium* (tricotecenos y zearalenona) en 100 muestras de grano entero y su distribución en los subproductos (provenientes de 32 muestras de grano entero) de la molienda húmeda del maíz originario del centro y norte de la provincia de Santa Fe, República de Argentina. El análisis de las micotoxinas se llevó a cabo por cromatografía en capa delgada.

El 33% de las muestras de grano entero resultaron contaminadas con deoxinivalenol (DON) en un rango entre trazas y 1,200 µg/Kg. El 15% de las muestras contenían toxina T-2 entre 900 y 2,400 µg/Kg. Zearalenona fue detectada solamente en una muestra en nivel de trazas. Diacetoxiscirpenol (DAS), nivaleno (NIV) y neosolaniol (NS) fueron encontrados en un bajo porcentaje de muestras (7%). El 7% de las muestras presentó contaminación con más de una micotoxina.

Cabe destacar que DON fue encontrado contaminando sólo aquellos subproductos destinados al consumo humano. En cambio toxina T-2 fue detectada tanto en subproductos destinados al consumo humano como vegetal.

### INTRODUCCION

Es sabido desde 1961 que algunos hongos producen metabolitos secundarios tóxicos, micotoxinas, cuando contaminan diversos alimentos destinados al consumo humano y animal. Las micotoxicosis son las enfermedades que resultan de la ingestión de dichas sustancias y, por tanto, representan un serio problema en salud pública y animal (1,2)

El género fúngico *Fusarium*, y principalmente sus toxinas zearalenona y tricotecenos, aparecen predominante

**SUMMARY.** Corn and grinding by-products incidence of *Fusarium* toxins. The incidence of *Fusarium* toxins-tricothecenes and zearalenone in 100 samples of whole grains as well as their distribution in the by-products (arising of 32 whole corn samples) of the wet-grinding of corn were studied, the samples coming from the central and northern areas of the Santa Fe Province, Argentina. The analyses were carried out by thin-layer chromatography. A 33% of the samples was found to be contaminated by deoxynivalenol (DON), its amount ranging from traces to 1,200 µg/Kg; 15% of the samples contained T-2 toxin from 900 to 2,400 µg/Kg and only traces of zearalenone were detected in one sample. Only few samples (7%) included diacetoxiscirpenol (DAS), nivaleno (NIV) and neosolaniol (NS) and 7% of the samples evidenced contamination by more than one mycotoxin. It is worth noticing that DON was found to be contaminating only those by-products destined to human consumption. Conversely, T-2 toxin was found in by-products destined to both human and animal consumption.

durante las fases de crecimiento de muchos cereales, de donde han sido aislados con frecuencia (3,4). Dentro de los 12, 13 -epoxitricotecenos que han sido encontrados en la naturaleza podemos citar como más relevantes a deoxinivalenol (DON), comúnmente llamado vomitoxina, toxina T-2, diacetoxiscirpenol (DAS), nivalenol (NIV) y neosolaniol (NS) (5,6,7).

El consumo de cereales contaminados con tricotecenos puede causar disturbios del sistema digestivo e inflamación de la mucosa intestinal con producción de vómito y/o diarrea. También pueden tener lugar alteraciones del sistema hematopoyético y, como consecuencia, hemorragias. El brote más importante de esta enfermedad se registró en la URSS entre 1942 y 1947: Aleucia Tóxica Alimentaria (ATA) (8,9). Por otra parte, zearalenona causa un síndrome estrogénico en cerdos como infertilidad en ganado y sólo existen informes casuales sobre efectos adversos en el hombre (1,3,10).

1. Miembro del Departamento de Bioingeniería de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral +.
2. Miembro del Departamento de Bioingeniería, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral +.
3. Director del Departamento de Bioingeniería, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral +.  
+ Santiago del Estero 2829. 3000 Santa Fe. República Argentina.

Las toxinas de *Fusarium* han sido detectadas principalmente en maíz. Los granos de este cereal se encuentran entre los más susceptibles al ataque por parte del hongo (2,3). En nuestro país, una fracción importante de producción de maíz se destina a la fabricación de alimentos que son consumidos especialmente por los niños (11,12). Cabe recordar que tanto zearalenona como los tricotecenos no se destruyen durante la cocción normal de los alimentos (13). Además, existe el riesgo de que estas micotoxinas potencien su acción por efecto sinérgico con otras o con ciertos aditivos alimentarios (14).

Si bien se ha producido un aumento considerable de datos registrados sobre la presencia de toxinas de *Fusarium* en alimentos y piensos en los últimos 10 años, el Programa Conjunto Internacional FAO/OMS/PNUMA recomienda continuar con tales estudios con el propósito de determinar las proporciones de micotoxinas que derivan hacia los productos (15). El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar la incidencia de tricotecenos y zearalenona en maíz proveniente del centro y norte de la provincia de Santa Fe, República Argentina, como así también su distribución en los subproductos derivados de la molienda húmeda.

El área muestreada en el presente trabajo se caracteriza por un clima de estepa, con temperatura media anual superior a los 18.°C en la zona norte y de 18°C en la zona central, registrándose una humedad ambiental promedio de 65%, con intensas precipitaciones en primavera y fines de otoño.

## MATERIALES Y METODOS

**Muestras:** Se analizaron 100 muestras de maíz (grano entero) proveniente de la zona norte y centro de la provincia de Santa Fe (República Argentina) y los correspondientes subproductos (en aquellos casos que el grano entero resultó contaminado con toxina T-2 y DON) de la molienda húmeda, obtenidos en un molino harinero de la ciudad de Santa Fe.

Los subproductos estudiados fueron maíz pisado, afrechillo y harina. El maíz pisado (o quebrados) y el afrechillo (cascarilla o salvado que envuelve al grano) son los productos obtenidos luego de haber sido tratado el grano con vapor de agua y quebrado por acción mecánica en la "mazamorrera". En un paso posterior, ambos se separan a través de un cernidor. La harina se obtiene por molienda del maíz pisado o quebrado.

Las muestras de maíz entero fueron tomadas antes del ingreso a la mazamorrera; las de afrechillo (destinado a la formulación de piensos) y de maíz pisado fueron tomadas a la salida de los cernidores. Las muestras de harina (destinada al consumo humano) fueron tomadas luego de la etapa de molienda, al final del proceso.

### *Período de muestreo:*

El muestreo se llevó a cabo entre abril de 1987 y mayo

de 1989.

### *Método de muestreo:*

Se realizó según las normas propuestas por la Junta Nacional de Granos de la República Argentina (16) y las Normas Panamericanas COPANT (17). El equipamiento necesario y planes de muestreo se describen en dichas normas y en el informe de Jewers y col. (18). La toma de muestras se llevó a cabo en flujo, sumando cantidades pequeñas hasta completar 10 kg en grano entero y 2 kg en los subproductos. El contenido de micotoxinas se determinó sobre submuestras de 50 g.

### *Metodología analítica:*

El aislamiento, identificación y cuantificación de toxinas de *Fusarium* se llevó a cabo empleando las siguientes técnicas por cromatografía en capa delgada.

- Para zearalenona, técnica de BF modificado (19).
- Para DON, técnica de Trucksess y col (20).
- Para el análisis de tricotecenos distintos de DON (NIV, DAS, toxina T-2 y NS) se empleó la técnica de Kamimura y col (21).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se consignan los datos de incidencia de tricotecenos y zearalenona en maíz entero. Un significativo porcentaje de muestras contenían DON (33% de las muestras de grano entero). Estos resultados coinciden con los datos aportados por distintos países, en donde DON es la micotoxina de *Fusarium* aislada con mayor frecuencia de maíz (5,22,23). Toxina T-2 se encontró en el 15% de las muestras de grano entero, coincidiendo con lo observado por Stahr y col. (24). En menor proporción se encontraron NIV (5% de las muestras de grano entero) y DAS (2% de las muestras de grano entero) y en sólo una muestra se detectó NS en cantidad de trazas.

Con respecto al nivel en que se encontró DON en grano entero, el promedio fue de 390 µg/Kg, con sólo 2 muestras conteniendo 1,000 y 1,200 µg/Kg, respectivamente.

Son muy pocos los países que han fijado límites de tolerancia a los residuos de esta micotoxina. EEUU, Canadá, Japón y URSS establecieron tolerancias, especialmente para trigo sin procesar, entre 1,200 y 2,000 µg/Kg (15). En EEUU, las partidas de granos conteniendo más de 1,000 ppm de DON se destinan al consumo animal y la materia prima utilizada para elaborar alimentos infantiles debe estar exenta de tricotecenos (25). Sería de fundamental importancia que nuestro país contara con una legislación para fijar límites de tolerancia de estas toxinas en los cereales y poder determinar el destino de los mismos según el nivel de contaminación. El nivel promedio de contaminación con toxinas T-2 fue de 1,090 µg/Kg, valor considerablemente inferior a los registrados por otros países (15).

TABLA 1  
INCIDENCIA DE TRICOTECENOS Y ZEARALENONA EN GRANO ENTERO DE MAIZ

Toxinas Detectadas	Rango de Contaminación ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ )	Nº de Muestras Contaminadas
Deoxinivalenol	tr - 700	28
Toxina T - 2	900 - 1,500	10
Diacetoxiscirpenol	400	1
Deoxinivalenol + Nivalenol	350 - 1,000 tr - 500	2
Zearalenona + Toxina T - 2	tr 1,000	1
Deoxinivalenol + Nivalenol + Toxina T - 2	250 - 1,200 300 - 400 950 - 2,400	3
Toxina T - 2 + Diacetoxiscirpenol + Neosolaniol	1,500 450 tr	1
No contaminadas	--	54
TOTAL		100

tr: trazas

De acuerdo con la bibliografía (5,15), en otros países se registran con frecuencia DON y NIV simultáneamente en cereales. En el presente estudio, sólo el 5% de las muestras de granos entero presentaron DON+NIV, este último en cantidades que no superaban los 500  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de muestra.

En la (Tabla 2) se consignan los rangos de contaminación con DON y toxinas T-2 de los distintos subproductos del proceso de molienda. Se estudió DON en los subproductos de 17 muestras de grano entero y toxina T-2 en los correspondientes a 15 muestras de grano entero, DON fue detectado en maíz pisado y harina, destinados ambos al consumo humano, no detectándose en afrechillo, destinado fundamentalmente a la formulación de piensos. Toxina T-2, en cambio, fue encontrada contaminando todos los subproductos.

Teniendo en cuenta estos datos preliminares sobre la contaminación de maíz entero y procesado, donde se observa prevalentemente la presencia de DON y toxina T-2, sería conveniente continuar con el estudio de incidencia de estas micotoxinas para evaluar el real riesgo toxicológico que su presencia implica en la dieta humana y animal.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido subsidiado por el Programa Nacional de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (PNITA) de la Secretaría de Ciencia y Técnicas (SECYT) de la República Argentina, a través del Subprograma Micotoxinas.

**TABLA 2**  
**DISTRIBUCION DE DON Y TOXINA T-2 EN LOS DISTINTOS SUBPRODUCTOS DE LA MOLIENDA HUMEDA DEL MAIZ**

Toxina	Rango de Contaminación (µg/kg)			
	Grano entero	Maíz Pisado	Afrechillo	Harina
Deoxinivalenol	300-1,200	250-75	0	250-750
Toxina T-2	900-1,500	400-1,100	0-550	0-950

### REFERENCIAS

- OMS PNUMA: Criterios de Salud Ambiental 11: Micotoxinas. Publicación Científica N° 453, OPS (Ed.). Washington, D.C. E.U.A., 1983.
- De Campos, M. Relación entre micotoxinas y alimentación en países en desarrollo. En: Segunda Conferencia Internacional Conjunta PAO/OMS/PNUMA sobre Micotoxinas. Tema 4 del Programa (MYC 87/4.2). Tailandia, 1987, p.2.
- Smith, JE & Moss, MO. Mycotoxins. Formation, Analysis and significance. Great Britain, John Wiley & Sons Ltd., 1985, p. 50-82.
- Treholm, HL. Fusarium toxins in field corn. I. Time course of fungal growth and production of DON and other mycotoxins. Can J Bot 61: 3080-3087, 1983.
- Ueno, Y. Trichothecenes as environmental toxicants, Korean J. of Toxicology 1 (1): 1-15, 1985.
- Scott, PM & Aibara, K (Chairmen). Food and Feed Mycology in Relation to Mycotoxicoses and Food Hygiene. En: Toxicogenic Fungi-Their Toxins and Health Hazard. H. Kurata and Y Ueno (Eds.) Tokyo, Kodansha Ltd. Elsevier, 1984, p. 151-230.
- Busby, WF & Wogan GN. Trichothecenes. En: Mycotoxins and N-Nitroso Compounds: Environmental Risks. Vol II. N.C. Shank (Ed.). Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc., 1987, p. 29-45.
- Ueno, Y; Sato, N, Ishii, K; Sakai, K & Enomoto, M. Toxicological Approaches to the Metabolites of Fusaria. Japan J Exp Med 42(5): 461-472, 1972.
- Ueno, Y. Trichothecenes. Chemical, Biological and Toxicological Aspects. Tokyo, Kodansha Ltd., 1983.
- FAO. Directrices para la Vigilancia de las Micotoxinas. Serie Inspección de los alimentos N° 4. En colab. con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 1979.
- Programa Nacional de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (PNITA). Micotoxinas. Panorama Actual en la República Argentina. Secretaría de Ciencia y Técnica, Buenos Aires, Argentina, 1988.
- Junta Nacional de Granos. Anuario 1987, Secretaría de Agricultura, ganadería y Pesca. Ministerio de Economía, Buenos Aires, Argentina, 1988.
- Estudio FAO: Alimentación y Nutrición. 10. Prevención de las Micotoxinas. Preparado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma 1979.
- Lindenfelser, LA.; Lillehoj, EB & Burmeister, HE. Aflatoxin and Trichothecene Toxins Skin Tumor Induction and Synergistic Acute Toxicity in White Mice. J Natl Canc Inst 52 (1): 113-116, 1974.
- Jelinek, CF. Distribución de las micotoxinas: Análisis de los datos mundiales sobre productos básicos, incluidos los datos del Programa Conjunto Internacional FAO/OMS/PNUMA sobre Vigilancia de la Contaminación de los Alimentos. Tema 5 del Programa (MYC 87/5). Tailandia, 1987.
- Junta Nacional de Granos. Resolución N° 26.120/84. Método de Muestreo de Granos. Buenos Aires, Argentina.
- Norma Panamericana COPANT 989/78.
- Jewers, K. Problemas relacionados con la toma de muestras de los envíos para la determinación del contenido en micotoxinas y con la interpretación de los resultados. En: Segunda Conferencia Internacional Mixta FAO/OMS/PNUMA sobre Micotoxinas. Tema 7 del Programa (MYC 87/7.1). Tailandia, 1987.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM). Método de Determinación de Aflatoxinas y Zearalenona en Maíz y Maní. Norma 14.803, 1989.
- Trucksess, MW; Nesheim, S & Eppley, RM. Thin Layer Determination of Deoxynivalenol in Wheat and Corn. J.A.O.A.C. 67 (1) 40-43. 1984.
- Kamimura, H; Nishijima, M Yasuda, K; Saito, K; Ibe, A.; Nagayama, T; Ushiyama, H. & Naoi, Y. Simultaneous Detec-

- tion of Several *Fusarium* Mycotoxins in Cereals, Grains, and Foodstuffs. *J.A.O.A.C.* 64 (5): 1067-1073, 1981
22. Ueno, Y. Contamination of Foodstuffs by Trichothecene Mycotoxins. *Eisei Kagaku* 30 (5): 251-256, 1984.
  23. Snyder, AP. Qualitative, Quantitative and Technological Aspects of the Trichothecene Mycotoxins. *J Food Protect.* 49 (7): 544-569, 1986.
  24. Stahr, HM; Ross, PF & Obioha, W. Some Mycotoxins Levels in Farm-Stored Corn *Agric Food Chem* 29: 207, 1981
  25. Pacín, A. Micotoxicosis por tricotecenos en la población humana: Un problema de actualidad. *Rev Hosp Niños B. Aires* 30 (127): 45-51, 1988.

## Elaboración de un producto tipo hamburguesa con base en carpa a través de la reducción de la actividad acuosa

Santillán M<sup>1</sup> y Morales L.J<sup>1</sup>

(Proyecto financiado parcialmente por CONACYT dentro del Programa Iberoamericano de Alimentos CYTED-D)

**RESUMEN.** Se establecieron las condiciones experimentales necesarias para conservar pescado magro aplicando factores combinados basados en la reducción de la Actividad de agua (Aa), el pH y la adición de un agente micostático. Se aplicó un modelo matemático para la predicción de actividad acuosa a formulaciones con: pescado, cloruro de sodio, glicerol y sorbitol. De estos resultados se seleccionaron 4 formulaciones que se elaboraron experimentalmente con pulpa de carpa (*Cyprinus carpio*). El pH de los productos se ajustó a 5.5 - 6.0 con ácido fosfórico; se evaluó la vida de anaquel de los productos empacados en bolsas de polietileno, almacenados un mes a  $25 \pm 2$  °C y  $38 \pm 3\%$  de H.R. Como testigo se utilizó una preparación con 100% pulpa de carpa. Los resultados de las determinaciones semanales indicaron una reducción significativa ( $P < 0.025$ ) de la humedad, Aa y pH de ambos productos. El análisis microbiológico mostró un incremento en la cuenta de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA), sin embargo, las determinaciones de microorganismos patógenos fueron negativas. En comparación con el testigo, que se deterioró a los cinco días, los productos de humedad intermedia desarrollada se conservaron durante 30 días, sin refrigeración. La evaluación sensorial mostró que los productos son aceptados con una calificación de gusta ligeramente por un panel de jueces no entrenados.

### INTRODUCCION

La producción pesquera en México en 1988 fué de 1.400.174 ton. de desembarque, de las cuales 182.391 ton. corresponden a la producción de los centros acuícolas del país y el resto, 1.217.783 ton. corresponden a la captura (1).

De la producción acuícola, la carpa ha ocupado desde 1986 los primeros lugares de producción (1). Este género de agua dulce comprende varias especies dentro de las cuales la carpa plateada *Cyprinus carpio* y la carpa Israel (*Cyprinus carpio specularis*) son las principales cultivadas en México especialmente en la zona central de la República

**SUMMARY.** Elaboration and conservation of a hamburger made from carp pulp by means of combined factors based on water activity reduction. The experimental conditions were determined in order to conserve lean fish by means of combined factors based on Aw and pH reduction as well as the addition of a miscostat. Theoretical Aw was determined in formulas containing fish, sodium chloride, glycerol and sorbitol applying a mathematic model. From the results of the prediction, 4 formulas were prepared experimentally with (*Cyprinus carpio*). Phosphoric acid was added to the products in order to obtain a 5.5-6.0 pH. The final formulas were packed in plastic bags and stored with a control product (100% carp pulp) at  $25 \pm 2$  °C and  $38 \pm 3\%$  R.H. during one month. Aw, water content and pH determinations were carried at weekly intervals. Results indicated a slight but significant ( $P < 0.025$ ) lowering of Aw, water content and pH. Microbiological analysis showed an increase in MAB count with no growth of pathogens. A control product (100% carp pulp) was deteriorated in a five day period. Sensory evaluation of the products indicated a slight acceptance among an inexperienced panel

(18). Sin embargo, a pesar de ser una especie barata, su demanda es reducida, debido principalmente a que presenta un sabor a "fango" y a que contiene una gran cantidad de espinas (18,21); estos problemas pueden resolverse aplicando diversas técnicas de procesamiento y conservación. Actualmente la mayoría de las técnicas de conservación se basan en la reducción o inhibición tanto del crecimiento de microorganismos como de las reacciones deteriorativas, ya sean químicas o enzimáticas (15); así por ejemplo, la congelación, la refrigeración y la desecación son los métodos aplicados con mayor frecuencia para la conservación de pescado (5). Una alternativa para la conservación de este recurso la constituyen los "factores combinados", esto es, lograr simultáneamente la reducción de la actividad acuosa y del pH del producto; la adición de

<sup>1</sup> Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Vasco de Quiroga No. 15 Col. y Delegación Tlalpan C.P. 14000. México, D.F.

antimicóticos químicos y en algunos casos, un tratamiento térmico; de tal forma que se alcance la estabilidad del producto durante un tiempo determinado sin necesidad de refrigeración (12). La aplicación de nuevos métodos de conservación como el señalado, es de gran importancia para el aprovechamiento racional de la producción pesquera y acuícola del país. Diversos autores (2,8,9,13,) han aplicado esta técnica de factores combinados en pescado; destacan los trabajos de Collins y Cols, (8,9) quienes concluyeron que la pulpa de pescado tiene el potencial para ser preparada como un alimento de humedad intermedia sin mostrar cambios deteriorativos. El presente trabajo tuvo como objetivo establecer las condiciones experimentales, para obtener un producto de pescado tipo hamburguesa con una vida útil de por lo menos un mes, sin refrigeración, aplicando factores combinados de Actividad de agua (Aa), contenido de humedad y pH.

#### MATERIALES Y METODOS.

La carpa plateada (*Cyprinus carpio*), se adquirió entera en una tienda de autoservicio de la Ciudad de México. Una vez en el Laboratorio, se fileteó manualmente para obtener la pulpa de pescado. Como humectantes se utilizaron glicerol, cloruro de sodio y sorbitol; como depresor del pH se utilizó ácido fosfórico al 98% y como antimicótico sorbato de potasio, todas estas sustancias se obtuvieron en la Droguería Cosmopolita de la Ciudad de México.

En el diseño de las formulaciones se aplicó el método simplificado de predicción de actividad acuosa descrito por Favetto y Chirife (14) con el apoyo de un programa en lenguaje Fortran el cual se alimentó con los siguientes datos: humedad y Actividad de agua de la pulpa de pescado; cantidad de humectantes (g), peso molecular y Aa de cada uno de los humectantes. Se supuso que la Aa de la pulpa era 1.0. La cantidad de los humectantes varió de 2 a 6% para sorbitol y glicerol y de 2 a 4% para el cloruro de sodio. El contenido de humedad inicial se varió desde un 50 hasta un 80%.

De las varias combinaciones encontradas como posibles, se seleccionaron aquellas que presentaron una Aa menor a 0,89. Estas formulaciones se elaboraron experimentalmente a nivel laboratorio siguiendo el diagrama de flujo presentado en la (Figura 1).

Para determinar la cantidad de ácido fosfórico necesaria para reducir el pH a valores entre 5.5 y 6.0, se adicionaron concentraciones de 0,1, 0,2 y 0,3 g/ de ácido por 100g de producto. El sorbato de potasio se utilizó en una concentración de 0,2 g/100g de producto en todas las formulaciones.

Paralelamente se elaboró el producto testigo de igual forma que los productos experimentales pero sin la adición de humectantes, ni ácido ni antimicótico.

Se determinó la composición química de la pulpa fresca de pescado y de los productos experimentales mediante las técnicas oficiales de la A.O.A.C. (3)

Los productos obtenidos se empacaron en bolsas de polietileno de baja densidad y se almacenaron en cámaras a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $38 \pm 3\%$  H.R. durante un mes. Semanalmente se muestreó al azar cada producto para llevar a cabo las siguientes determinaciones: pH utilizando un potenciómetro Beckman (7); Actividad acuosa mediante un higrómetro electrónico Novasiva DAL 20 previamente calibrando con soluciones saturadas de tres sales en límites de 30-80% H.R. (16,20,10); Contenido de humedad por estufa de vacío, metodología de la A.O.A.C. (3) y Análisis microbiológico según las técnicas oficiales de la Secretaría de Salud (22) que consistió en: Cuenta de bacterias mesófilas aerobias (BMA), grupo coliforme, *Salmonella sp.* y *Staphylococcus aureus* (coagulasa positivo).

A los resultados, excepto los del análisis microbiológico, se les aplicó una prueba de diferencia de T de Student (24). La evaluación sensorial de los productos se llevó a cabo en dos etapas, con un grupo de 33 y uno de 27 jueces no entrenados en la primera y segunda etapa, respectivamente. La primera consistió en presentar a los jueces las "hamburguesas" sin pan, preparadas el mismo día de la evaluación, calentadas en una sartén de teflón; mientras que, en la segunda etapa las hamburguesas se guisaron en una salsa mexicana preparada con tomate, cebolla, ajo y perejil. En ambos casos se aplicó una escala hedónica de 5 puntos (1= gusta mucho y 5 disgusta mucho) para evaluar los atributos de sabor, olor, color y textura. En los dos casos se aplicó también una prueba de preferencia de las muestras, en la cual 1 era menos preferida y 4 la más preferida (19). Los resultados de la prueba hedónica se analizaron mediante el procedimiento de análisis de variancia (24) y la prueba de preferencia se refirió a un 100%.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la predicción de Aa indicaron, como era de esperarse, que la sal tiene un efecto depresor mayor que los otros humectantes debido básicamente a su menor peso molecular (11), por lo cual se seleccionaron aquellas formulaciones con la menor Aa y el mayor contenido de sal posible sin que esto afectara la palatabilidad de los productos. Las formulaciones seleccionadas, como los resultados de Aa predicha y Aa experimental de las formulaciones se muestran en la Tabla 1. En todos los casos la actividad acuosa predicha es mayor que la experimental con lo que se obtiene un cierto margen de seguridad. Esta diferencia se debe a la Aa de la pulpa fresca de pescado que para efectos del programa computacional se supuso era de 1.0, sin embargo, la Aa de la pulpa fresca se redujo después de someterla a las operaciones de cocción y prensado,

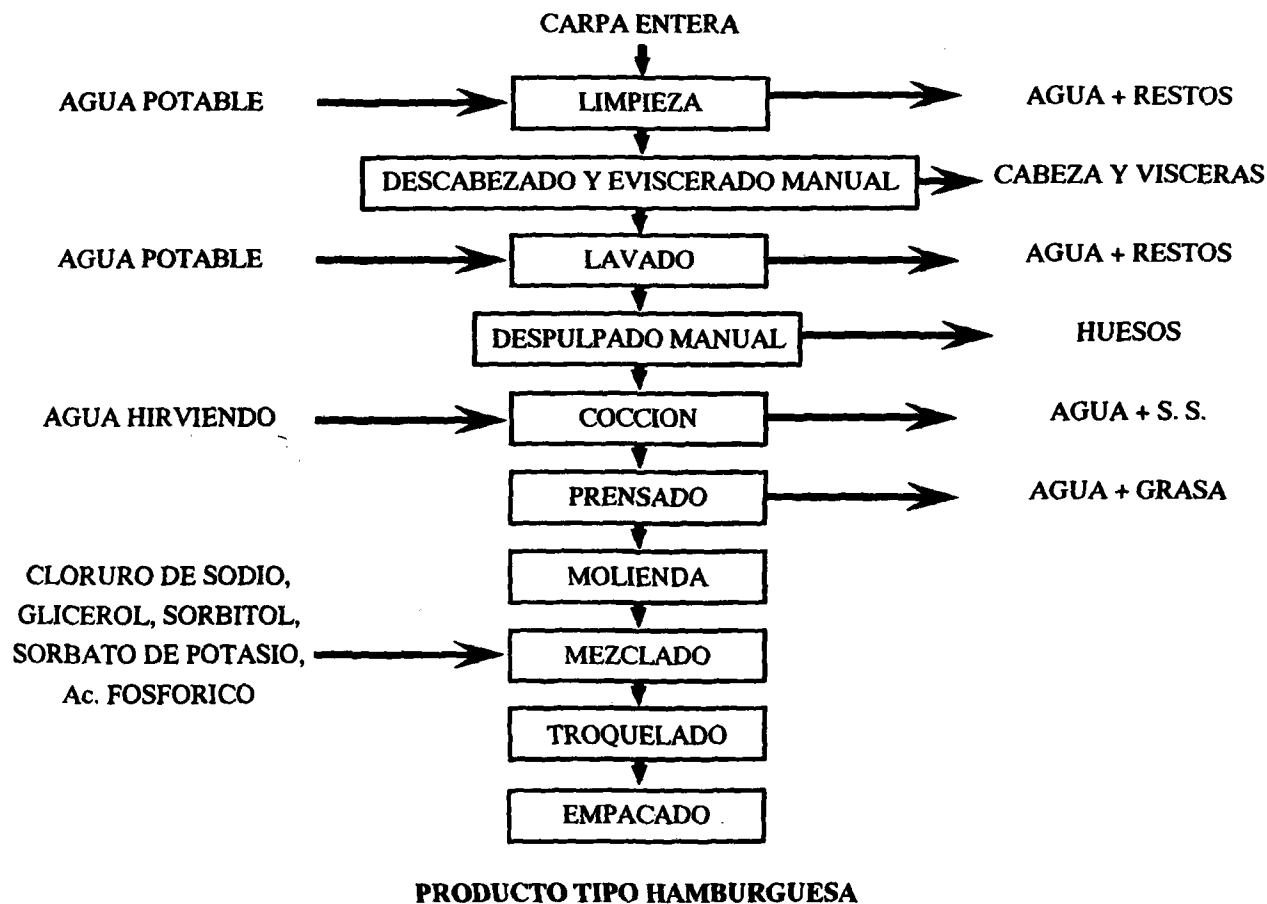


FIGURA 1

Diagrama de elaboración de las hamburguesas

TABLA 1  
FORMULACIONES SELECCIONADAS PARA  
LA ELABORACION DE HAMBURGUESAS DE PESCADO

Ingredientes	Formulaciones				Testigo
	A	B	C (g/100g)	D	
Pulpa de Carpa	88	88	88	80	100
Fécula de Maíz	0	2	4	8	0
Cloruro de Sodio	3	3	3	3	0
Glicerol	6	6	4	6	0
Sorbitol	3	1	1	3	0
Aa predicha	0,973	0,941	0,948	0,931	
Aa experimental	0,871	0,863	0,867	0,837	0,986

Aa = Actividad Acuosa

TABLA 2  
pH DE LAS FORMULACIONES AL AGREGAR ACIDO FOSFORICO

Formulación	0.0	0.1	0.2	0.3
		g de ácido por 100g de producto		
A		6,6	5,6	4,5
B		6,6	5,7	4,6
C		6,7	5,7	4,6
D		6,7	5,5	4,5
Testigo	6.6	---	----	---

TABLA 3  
COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA DE CARPA FRESCA Y DE LAS  
HAMBURGUESAS PREPARADAS CON LAS FORMULACIONES A Y B

Determinación	Pulpa de Carpa	A	B
		( g/100g )	
Humedad	79,0	61,4	58,5
Proteína *	17,0	19,6	20,3
Lipidos	3,0	1,6	1,5
Cenizas	0,9	5,4	5,7
Hidratos de Carbono**	0,1	12,0	14,0

\* Nitrogeno x 6.25

\*\* Por Diferencia

llegando así a la etapa de mezclado con una actividad acuosa (Aa) mucho menor a la estimada teóricamente. El programa no se modificó en virtud de que no era el objetivo en este trabajo.

En la Tabla 2 se muestra el pH obtenido en las formulaciones después de agregar diferentes volúmenes de ácido fosfórico. En este se observa que con 0,29 de ácido por 100 g de producto se obtiene un pH entre 5,5 y 5,7, que se encuentra dentro de los límites deseados. La importancia de reducir el pH radica en que con ello se mejora la estabilidad microbiológica del producto mediante la combinación de una baja actividad acuosa y un pH ácido (5) y simultáneamente la actividad del sorbato de potasio se ve potenciada a valores de pH entre 4,5 y 6,0 (23). Las hamburguesas preparadas con las formulaciones C y D presentaron una textura quebradiza, motivo por el cual se eliminaron a partir de esta etapa del estudio y las pruebas de estabilidad en el almacenamiento se realizaron únicamente con hamburguesas preparadas con las formulaciones A y B.

La composición química aproximada de la pulpa de

carpa y las fórmulas A y B, se presenta en la Tabla 3. De este se observa que la pulpa de carpa tiene un bajo contenido graso el cual se reduce aún más (ver fórmulas A y B) como resultado de las condiciones de procesamiento utilizadas durante la obtención de las hamburguesas, esta situación favorece la estabilidad química de los productos. Se observa también una reducción en el contenido de humedad, lo que a su vez favorece la depresión de la Aa y por ende la estabilidad microbiológica del producto.

Por otro lado, los contenidos de cenizas y de hidratos de carbono en las formulaciones, se incrementaron significativamente en comparación con la pulpa fresca debido a la adición de los humectantes. En lo que respecta al contenido de nitrógeno proteico se observó también un incremento aun que este está acorde con la reducción del contenido de humedad. No se realizó un perfil de aminoácidos indispensables para determinar la calidad de la proteína, ya que se supone buena dado el origen de la materia prima. El pH de la pulpa de carpa fue de 6,6 6,7 y la Aa de 0,986 a 25°C.

Durante el almacenamiento, el producto testigo desarrolló rápidamente un aroma desagradable, presentó cambio de color, así como crecimiento visible de colonias de microorganismos, por lo que fue desechado a los 5 días. Comparativamente, los productos elaborados con las formulaciones A y B se mantuvieron en almacenamiento durante 30 días sin presentarse cambios desfavorables de aroma y color. Durante la segunda semana de almacenamiento en ambos productos, se registró un descenso en los valores de Aa (Figura 2) y a partir de este punto se incrementaron ligeramente. El contenido de humedad (Figura 3) del producto A se incrementó ligera pero no significativamente durante la primera semana a partir de la cual se redujo este valor.

Para el producto B se registró un pequeño pero significativo descenso durante la primera semana de almacenamiento manteniéndose constante el resto del tiempo. Así mismo, el pH (Figura 4) registró una disminución en ambos productos. Estos resultados concuerdan con los de Collins y Yu. (9) cuyos productos se comportaron de manera similar. Estos cambios pueden haberse debido a la transferencia de humedad de los productos al medio (6), debido a que el empaque de polietileno utilizado no fué lo suficientemente impermeable al vapor de agua.

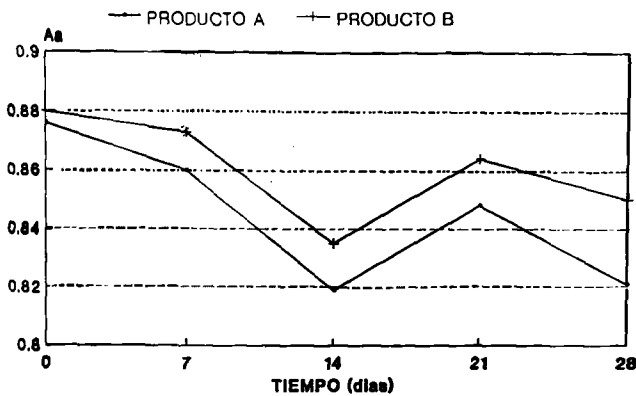


FIGURA 2

Aa de los productos durante el almacenamiento

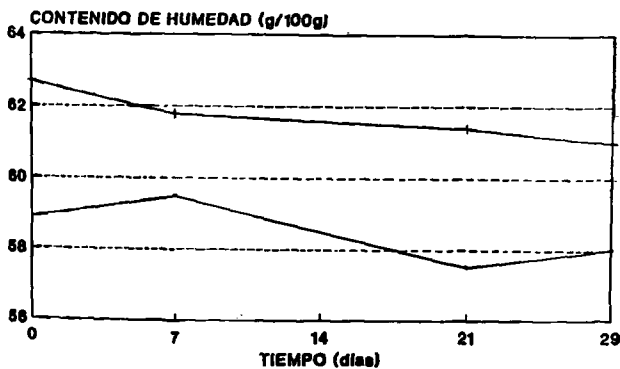


FIGURA 3

Contenido de humedad de los productos durante el almacenamiento

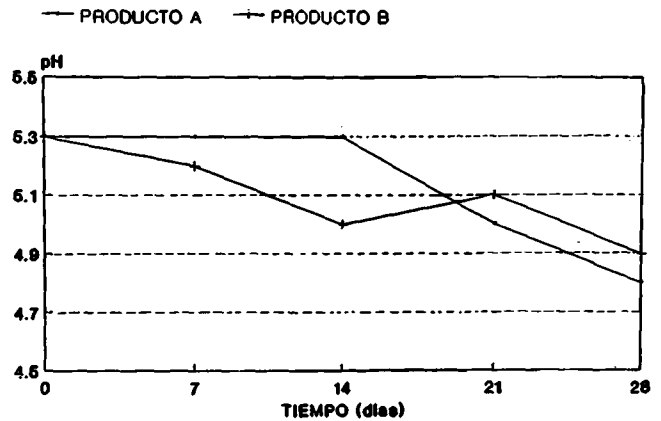


FIGURA 4

Resultados de pH durante el almacenamiento de los productos

El análisis microbiológico de los productos y de la muestra testigo resultó negativo para hongos, levaduras, *Salmonella sp.*, y *Staphylococcus aureus*; para coliformes totales se encontraron NMP (número más probable) de 23 y 9.1 para los productos A y B y 3 en el testigo, en el primer día de almacenamiento, así como NMP-3 para coliformes fecales en los tres productos. En los días subsiguientes estos indicadores fueron negativos, concluyéndose que los productos desarrollados están libres de microorganismos patógenos, sin embargo, la cuenta de bacterias mesófilas aeróbicas mostró un incremento gradual (Figura 5) el cual se debió, posiblemente, a la presencia de esporas en alguno de los ingredientes utilizados en la elaboración de las hamburguesas 9230.

En cuanto a la evaluación sensorial no se encontró diferencia significativa en la primera etapa, obteniendo una calificación media de 2,6 para la formulación A y 2,8 para la formulación B, lo que corresponde a una aceptación de "ni gusta ni disgusta", los atributos rechazados con mayor frecuencia en ambas muestras fueron el color y el sabor. En esta primera etapa la preferencia por las formulaciones A y B fué del 50% en cada caso. En la segunda etapa, los resultados no mostraron diferencia significativa ( $P > 0.95$ ) entre las muestras, sin embargo en comparación a la evaluación anterior la aceptación mejoró ya que en este caso se obtuvieron calificaciones, que corresponden a "gusta ligeramente", para ambos productos y en cuanto a la preferencia, el 68% de los jueces se mostró a favor de la hamburguesa elaborada con la formulación "A". En general, los comentarios de los evaluadores giraron en torno a que el sabor era "muy salado" y/o "ligeramente dulce" y solo en un caso se percibió amargo.

Es importante mencionar que la mezcla de humectantes utilizada en las formulaciones esto es la combinación de sal-glicerina-sorbitol produce per se, una mezcla de sabores

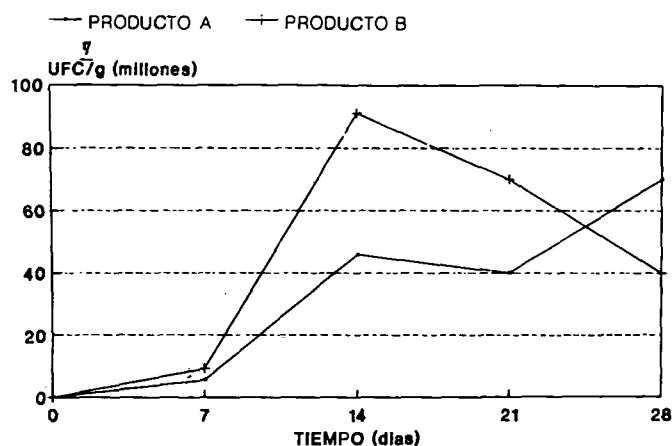


FIGURA 5

Cuenta de BMA durante el almacenamiento de los productos

salado, amargo y dulce (17), Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores (8, 9, 13, 14) quienes encontraron que aunque los productos se conservaban, no eran aceptados sensorialmente. En esta primera etapa del estudio se sientan las bases para la conservación de una especie magra de pescado como lo es la carpa, por medio de la reducción de la actividad acuosa, del pH y la utilización de sorbato de potasio como antimicrobico; sin embargo es necesario continuar experimentando para obtener un mejor control microbiológico de el producto e incrementar aún más la aceptación sensorial de este tipo de productos.

#### CONCLUSION.

Los resultados obtenidos nos confirman la viabilidad de la aplicación de los conceptos de reducción de actividad de agua por métodos combinados, para la conservación de productos altamente perecederos como lo es el pescado y nos permiten seleccionar una formulación para preparar una hamburguesa de carpa en la que ya se alcanzó una aceptación sensorial mayor al 60% y una vida de anaquel de un mes, sin refrigeración.

#### AGRADECIMIENTOS.

Al Ing. Eric Monterrubio por su apoyo en la aplicación del modelo matemático de predicción de Aa y a la QFB. Luz Ma. Colón Herrera por su apoyo en la realización de los análisis microbiológicos.

#### REFERENCIAS

1. Análisis de la Actividad Pesquera 1988. Sistema Nacional Integrado de la Información del Sector Pesca. Dirección General de Programación e Informática. México No. 16 Marzo, 1989.

2. Arrieta, AM. Obtención de un producto de humedad intermedia a base de tilapia (*Tilapia nilotica*). Tesis de Licenciatura. U.I.A. México, D. F., 1985.
3. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), Official Methods of Analysis. Washington, D.C. 1980.
4. Beuchat, LR. Influence of water activity on sporulation, germination, outgrowth and toxin production In: Water activity: Theory and Applications to Food. LB Rockland and LR Beuchat (Editores). Marcel Dekker, Inc. USA, 1987.
5. Borgstrom, G. Editor. Fish as Food. Vols. I and II. Academic Press, USA, 1961, 1962.
6. Brody, AL. Flexible packaging of foods. C.R.C. Press, USA, pp. 52, 1970.
7. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTEDD, Proyecto Iberoamericano sobre Alimentos de Humedad Intermedia. Recomendaciones para la identificación y caracterización de alimentos de humedad intermedia iberoamericanos, 1987.
8. Collins, JL, CC Chen, JR Park, JO Mundt, IE McCarty and MR Johnston. Preliminary studies on some properties of intermediate moisture, deep-fried fish flesh, *J Food Sci.* 37: 189-190, 1972.
9. Collins, JL and Yu, AK Stability and acceptance of intermediate moisture deep-fried catfish, *J Food Sci* 40:858 836, 1975,
10. Chirife, J, Ferro Fontan, C and Resnik, SL. The Water activity of Standard Saturated Salt Solutions in the range of Intermediate Moisture Foods. *LebensmittelWissenschaft und Technologie*, 16, 3638, 1983.
11. Chirife, J Predicción de la actividad de agua en alimentos. Memorias del curso: Conservación de Alimentos de alta humedad por métodos combinados basados en la reducción de la actividad del agua. Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTEDD), 1987.
12. Davies, RG. Birch and Parker, KJ. Editores Intermediate Moisture Foods. Applied Science Publishers. London, 1976.
13. Dymsha, HA and Silverman, G. Improving the acceptability of intermediate moisture fish. *Food Technol* 33(10):52, 1979.
14. Favetto, GJ and Chirife, J. Simplified method for prediction of water activity in binary aqueous solutions. *J. Food Technol Vol. 20:* 631-636, 1985
15. Gould, G W, Brown, MH and Fletcher, BC. Mechanisms of action of food preservation procedures. In: *Food Microbiology: Advances and Prospects*. TA Roberts and FA Skinner, Editores, Academic Press, Great Britain, pp 6784, 1983.
16. Greenspan, Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions, *J. of Research of the National Bureau of Standards*, Vol. 81A, No. 1, 1977.
17. Griffin, WC and Lynch, M. Polyhydric Alcohols. In: *Handbook of Food Additives*. T Furia, Editor, C.R.C. Press, 1986.
18. Instituto Nacional de Pesca. Diagnóstico de la situación actual de las pesquerías en México. Programa de Investigaciones y Fomento Pesquero. (PNUD/FAO/SIC), 1973.
19. Larmond, E. Laboratory methods for sensory evaluation of food. Canada Department of Agriculture, Publication 1284, 1982.

20. Robinson, RA and Stokes, RH. *Electrolyte Solutions*. Butterworths, London, 1965.
21. Secretaría de Pesca. Dirección General de Organización y Capacitación Pesquera. *El cultivo de la Carpa. Folleto para la Capacitación Pesquera*, 1982.
22. Secretaría de Salubridad y Asistencia. Subsecretaría de Salubridad. *Técnicas Generales para el análisis microbiológico de los alimentos*. Dirección General de Laboratorios de Salud Pública, 1979.
23. Sofos, JN, Pierson, MD, Blocher, JC and Busta, FF. Mode of action of sorbic acid on bacterial cells and spores: review. *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 3:117, 1986.
24. Wayne, WD. *Bioestadística*. Editorial Limusa, tercera reimpresión, México, 1982.

## Estado actual de los métodos analíticos para determinar provitamina A

*Delia B. Rodríguez-Amaya y Jaime Amaya-Farfán*

Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas  
C.P. 6121 13081 Campinas, SP, Brasil

**RESUMEN.** Se evalúan las dificultades inherentes a la determinación de la provitamina A y el estado de desarrollo actual de las metodologías. Se discuten los procedimientos, las ventajas y desventajas, así como las posibles fuentes de error de los métodos. Los métodos de columna abierta se presentan todavía como los más viables. Para los países en desarrollo, no obstante la eficiencia y reproducibilidad de la separación cromatográfica dependen en gran parte de la habilidad y experiencia del analista. Mediante la técnica de HPLC se obtienen cromatogramas altamente reproducibles, permaneciendo, sin embargo, el problema de transformar las áreas de los picos en concentraciones de provitaminas por razón de la inestabilidad, variabilidad de pureza e indisponibilidad comercial de los patrones de provitamina A. La patronización interna con Sudán, que es estable, promete ser una solución. Para separar los isómeros *cis*, la técnica de columna abierta se vale de la recromatografía. Para la técnica de HPLC, sin embargo, este continúa siendo un problema sin solución. Son tratadas la confirmación de la identidad de las provitaminas y la prevención de la degradación durante el análisis. A pesar de los obstáculos que se presentan, los datos obtenidos son confiables siempre y cuando la aplicación de la técnica analítica sea adecuada y se haga la interpretación correcta de los resultados.

**Palabras clave:** Determinación de provitamina, HPLC, cromatografía en columna abierta.

### INTRODUCCION

Considerando que la deficiencia de vitamina continúa siendo un serio problema de salud pública para la mayoría de los países en desarrollo, es de urgente necesidad adquirir más información sobre toda fuente, efectiva o en potencial, de este nutriente. Las provitaminas (carotenoides que pueden ser biológicamente transformados en vitamina) contenidas en alimentos de origen vegetal proporcionan la mayor parte de la vitamina ingerida a precio más bajo que las fuentes de origen animal con vitamina preformada (retinol, éster de retinilo, retinal, 3-deshidroretinol y ácido retinoico).

**SUMMARY.** Present state of the analytical methodologies for provitamin A determination. The difficulties inherent to provitamin A determination and the present state of development of the analytical methodologies are appraised. The procedures, the advantages and disadvantages and the possible sources of error of the methods involved are discussed. Open-column methods are still the most viable option in developing countries but the efficiency and reproducibility of the chromatographic separation depend largely on the analysts skill and experience. Although HPLC chromatograms are highly reproducible, the problem is to transform the peak areas to provitamin A concentrations because of the instability, varying purity and unavailability of provitamin standards. Internal standardization with the stable Sudan appears to be a promising solution. Separation of *cis*-isomers requires rechromatography in open-column systems. For HPLC, this problem still remains to be solved. Confirmation of the identity of the provitamins and prevention of degradation during the analysis are also dealt with. Notwithstanding the obstacles involved, reliable data can be obtained with adequate application of the analytical techniques and proper interpretation of the results.

**Key-words:** Provitamin determination, HPLC, open-column chromatography.

Hace ya muchos años vienen acumulándose datos e informaciones sobre la determinación cuantitativa de las provitaminas; sin embargo, debido a dificultades analíticas inherentes, la mayoría de esos resultados son incoherentes o no confiables (1), restando todavía mucho trabajo para que tal volumen de información pueda considerarse como suficiente o satisfactoria (2). Los carotenoides son compuestos poliénicos, liposolubles responsables por atraerentes colores que se extienden del amarillo al rojo, característicos de muchos alimentos. Químicamente estos se dividen en dos grupos: los hidrocarburos y los derivados oxigenados. Los miembros del primer grupo son

universalmente conocidos como carotenos, mientras que los del segundo son llamados xantofilas.

Desde el punto de vista nutricional, los carotenoides puede ser activos o inactivos. Para que un carotenoide tenga actividad vitamínica, es necesario que posea, por lo menos, la mitad de la molécula de  $\beta$ -caroteno; o sea, un anillo de  $\beta$ -ionona no substituido y la cadena lateral poliélica de once carbonos. Así, los carotenos,  $\zeta$ -zeacaroteno,  $\delta$ -caroteno y licopeno, y las xantofilas zeinoxantina, luteína y violaxantina, son todos carotenoides inactivos (Figuras 1 y 2). Por otro lado, los carotenos  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -zeacaroteno y  $\gamma$ -caroteno, y las xantofilas  $\alpha$ -y  $\beta$  criptoxantinas poseen aproximadamente la mitad de la actividad del  $\beta$ -caroteno (Tabla 1). Siendo algunos carotenos inactivos y algunas de las xantofilas activas, es entonces incorrecto denominar un capítulo o sección dedicado al valor vitamínico A de "carotenos en alimentos".

#### PROBLEMAS EN LA DETERMINACION DE PROVITAMINA A

Existen varios factores que dificultan la obtención de datos confiables sobre provitamina A: 1) el gran número de carotenoides naturales, 2) las muestras de alimentos pueden

variar ampliamente, tanto cuantitativa como cualitativamente; 3) solamente algunos carotenoides son precursores de la vitamina y las actividades son diferentes; 4) por el hecho de ser compuestos altamente insaturados, el deterioro por isomerización y oxidación puede fácilmente ocurrir durante el análisis.

Independiente del método utilizado, para determinar el contenido exacto de provitamina A, los siguientes requisitos deberían ser llenados: 1) separar o eliminar los carotenoides inactivos intererentes; 2) separar y cuantificar individualmente las provitaminas; y 3) tomar las debidas precauciones para evitar la formación de artificios y pérdidas cuantitativas durante el análisis.

A medida que estas exigencias son cumplidas, sin embargo, la ejecución del análisis se torna más difícil y se hace necesaria la introducción de simplificaciones. Este enfoque puede ser aceptado siempre y cuando no traiga errores significativos.

Hace algunos años la vitamina A de alimentos de origen vegetal solía calcularse usándose el contenido total de carotenoides. En muchos alimentos, no obstante, el contenido de carotenoides inactivos es grande, no siendo raro el caso en que el carotenoides predominante sea uno de los inactivos.

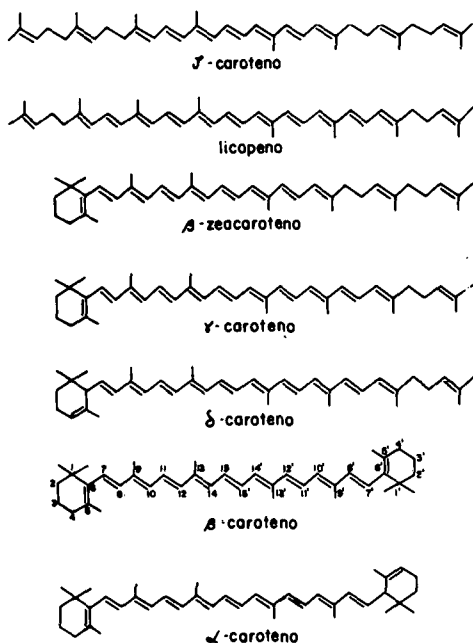


FIGURA 1

Estructuras de los carotenos comunes

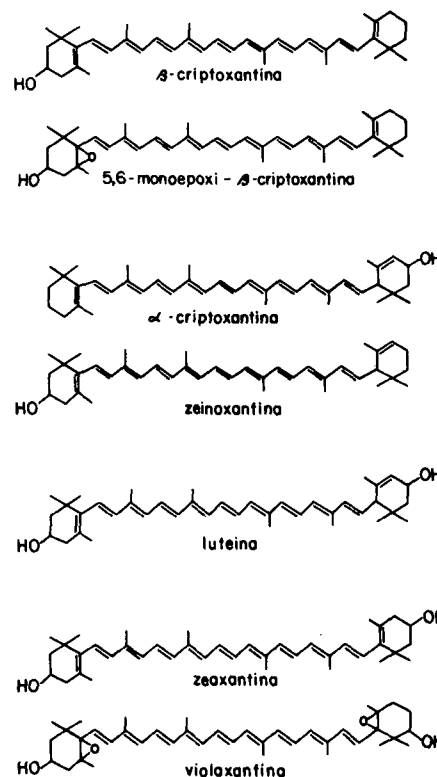


FIGURA 2

Estructuras de las xantófilas comunes

Posteriormente, el valor pasó a ser calculado usándose como base la fracción de  $\beta$ -caroteno. Esa aproximación fue más apropiada considerándose que se trata del carotenoides más ampliamente distribuido y que posee la más alta actividad provitaminica. En algunos alimentos, sin embargo, cantidades significativas de otras provitaminas A se encuentran presentes afectando considerablemente el valor vitamínico final. Además, la así denominada 'fracción  $\beta$ -caroteno' frecuentemente contiene también carotenoides menos activos y hasta inactivos.

De la discusión anterior se infiere que la separación cromatográfica debe ser parte esencial de la determinación de provitamina A.

Por más que la cromatografía en capa fina haya sido muy útil en el análisis cualitativo, especialmente cuando se desea seguir el curso de reacciones químicas, esta técnica ha tenido poca aplicabilidad en la cuantificación debido a la posibilidad de isomerización y degradación en una superficie altamente expuesta (3) y a la dificultad de retirar completamente los carotenoides separados para cuantificación. No obstante la cromatografía en gas líquido haya sido de éxito en la elucidación de estructuras (4), esta técnica no es apropiada para el análisis cuantitativo de carotenoides debido a su termolabilidad y escasa volatilidad, lo que demandaría su derivación química. El método tradicional para separar carotenoides es la cromatografía descendente en columna (flujo por gravedad auxiliado con trompa de vacío). La separación es acompañada visualmente y las fracciones se cuantifican en el espectrofotómetro. La cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) es la técnica considerada como la más avanzada en la actualidad, sin embargo, aún necesita ser patronizada en varios aspectos antes que pueda ser usada rutinariamente para la determinación de provitamina A.

El cuadro, aparentemente confuso debido a la complejidad y variabilidad en la distribución de los carotenoides, puede ser un tanto simplificado. Usando la distribución de los carotenoides que hoy se conoce en los alimentos, algunas características pueden discernirse las cuales pueden facilitar la escogencia de la metodología a ser empleada, especialmente en lo tocante a la separación cromatográfica. Según la composición de las provitaminas A, los alimentos de origen vegetal pueden dividirse en tres grupos principales: 1) aquellos en los cuales el valor de vitamina es debido casi exclusivamente al  $\beta$ -caroteno (p.e., verduras foliares, arvejas, brócoli, batata dulce, tomate, guayaba de pulpa roja, sandía y mango); 2) los que tienen el  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno como principales contribuyentes (p.e., zanahoria, algunas variedades de calabazas, aceite de palma); 3) aquellos en que la  $\beta$ -criptoxantina y el  $\beta$ -caroteno son los principales carotenoides activos (p.e., marañón, melocotón, kaki, loquat o níspera, (*Cyphomandra betacea*), algunas veces acompañados por cantidades apreciables de 5,6 o 5,8 monoepoxi- $\beta$ -criptoxantina

(criptoflavina), (p.e., papaya *Spondias lutea* o cajá). Conjuntamente, otras provitaminas también pueden estar presentes pero en tan poca concentración que no afectan significativamente el valor de vitamina A (1). Por ejemplo, las verduras foliares algunas veces contienen  $\alpha$ -caroteno y/o  $\beta$ -criptoxantina; el tomate la guayaba roja  $\gamma$ -caroteno pero, debido a las cantidades, sus aportes son ínfimos. En el mango, la  $\beta$ -criptoxantina también contribuye cerca de 2 a 4% del valor de vitamina A, aporte que, dependiendo de la exactitud deseada, puede ser despreciable. Además, los precursores  $\beta$ -zeacaroteno, 5,6- monoepoxi- $\beta$ -caroteno y mutacromo (5,8- monoepoxi- $\beta$ -caroteno) son ocasionalmente encontrados en alimentos en cantidades ínfimas.

En razón de la conocida inestabilidad de los carotenoides, deben ser tomadas medidas de precaución rutinariamente en el laboratorio. Entre estas merecen destacar: 1) el uso de solventes de grado analítico o destilados, libres de impureza destructivas (p.e., éter etílico y tetrahidrofurano libres de peróxidos, cloroformo libre de ácido); 2) protección contra la luz y el calor p.e., trabajando con poca luz evitándose el calentamiento; 3) tiempos de análisis cortos; 4) aplicación de atmósferas inertes (p.e. cambiando el aire del recipiente por  $N_2$ ); y 5) utilización de agentes antioxidantes y neutralizantes ( $MgCO_3$ ).

Una sistemática recomendable es analizar las muestras inmediatamente después de recibidas y proseguir hasta el fin, sin interrupción. Cuando esta rutina es seguida, el uso de  $MgCO_3$ , BHT o pirogalol durante la extracción no se hace necesario (5). Según Edwards Lee (6) arvejas verdes dejadas en reposo durante dos horas después de homogeneizadas pueden perder hasta 68% de los carotenoides totales, tal vez mediante acción enzimática. En contraposición a cualquier argumento, nuestra experiencia muestra consistentemente que el almacenamiento de extractos o fracciones, aunque sea a baja temperatura produce alteración de los carotenoides. Fue también la experiencia que nos enseñó a no dejar los carotenoides en acetona por más tiempo de lo estrictamente necesario para la extracción y transferencia con éter de petróleo.

La presencia de carotenoides cis y epoxi-derivados son un buen índice de que los cuidados para evitar la isomerización y oxidación no son suficientes. Al reportar estos compuestos, el autor debe asegurarse de que los mismos no son productos artificiales del análisis.

Uno de los pasos que últimamente ha sido objeto de controversias es la saponificación considerada el mejor camino para eliminar las clorofilas, lípidos indeseables e hidrolizar ésteres de carotenoides (3, 7). Khacik et al. (8), por un lado, reportaron que saponificando los carotenoides de brócoli crudo con solución metanólica de KOH al 30%, a temperatura ambiente por 3 horas en atmósfera de  $N_2$ , se pierde el 6% de la fracción  $\beta$ -caroteno y de 18 a 84% de

otros carotenoides. Por otro lado, Bushway y Wilson (9) no notaron diferencia alguna en las concentraciones de  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno de muestras saponificadas y no saponificadas (detalles no suministrados). Baranyai et al. (10) afirmó que no hubo pérdida de carotenoides durante la saponificación de un extracto de paprica con solución metanólica de KOH al 30%, temperatura ambiente, atmósfera de  $N_2$ , por 16 horas. Tampoco hubo pérdida de las provitaminas  $\alpha$ -,  $\beta$ - y  $\gamma$ -caroteno en calabaza, tallo y tomate cuando los carotenoides en éter de petróleo fueron saponificados con un volumen de KOH al 10%, a temperatura ambiente, durante la noche (5). No obstante, en un estudio comparativo de seis procedimientos de saponificación, fue comprobado que tanto las pérdidas cuantitativas como la formación de artefactos (isómeros cis epoxicarotenoides) ocurren y su incidencia aumenta con la temperatura y la concentración de KOH (11). La magnitud de la degradación varió para diferentes carotenoides, siendo las provitaminas considerablemente más resistentes que la luteína, violaxantina neoxantina. Las pérdidas de carotenoides se reducen realizando la saponificación en frío (temperatura ambiente), en atmósfera de nitrógeno, o en la presencia de pigalol.

Con muestras que contengan apocarotenales, debe asegurarse la eliminación previa de toda la acetona, pues cualquier residuo de acetona se condensará aldólicamente con esos carotenoides formando metil cetonas (12, 13).

#### METODO DE LA AOAC

Un método ampliamente usado para determinar el contenido de provitamina A es el método 43.014 de la AOAC (14), introducido en su forma actual para carotenos en plantas en 1955. Este comprende la extracción con acetona/hexano, filtración, lavado (5 veces) con agua y aferición del volumen con hexano. La solución es aplicada a una columna de MgO activado: Hyflosupercel. Los "carotenos" son eluidos con el sistema acetona/hexano, la absorbancia medida a 436 nm y el resultado expresado en mg de  $\beta$ -caroteno o en U.I.

Si bien su simplicidad lo hace muy atrayente, el método ha sido bastante criticado por no ser apropiado para determinar provitamina A en alimentos, con la posible excepción de las hortalizas verdes. Presúmese que la fracción obtenida de la columna es  $\beta$ -caroteno o por lo menos, principalmente  $\beta$ -caroteno. En realidad, para alimentos de composición más compleja, el eluato podrá contener también las provitaminas menos activas  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -zeacaroteno,  $\alpha$ -criptoxantina,  $\beta$ -criptoxantina y  $\gamma$ -caroteno, así como los carotenoides inactivos  $\zeta$ -caroteno,  $\delta$ -caroteno,  $\alpha$ -zeacaroteno zeinoxantina (5). Con estas consideraciones no es difícil ver que el valor de vitamina de ciertos productos vegetales sería ampliamente superestimado. El valor estimado llega a ser más que el doble de lo real en papaya, donde la principal provitamina

es la  $\beta$ -criptoxantina y todavía existen cantidades apreciables de 5,6-monoepoxi- $\beta$ -criptoxantina, así como en ciertos tipos de calabazas, las cuales contienen cantidades substanciales de  $\alpha$ -caroteno.

Otras dos posibles fuentes de error en el método de la AOAC pueden ser señaladas. Se pide un volumen fijo de solvente de extracción, sin tomar en cuenta la variación que existe entre muestras de diverso tenor de carotenoides. El trabajar con carotenoides exige que la extracción de la muestra sea repetida hasta obtenerse un extracto incoloro. Por otro lado, el método mide la absorbancia a 436 nm que no es el máximo de absorción del  $\beta$ -caroteno, como ya fue observado por Simpson (15).

#### METODOS RECOMENDADOS POR LA COST

Reconociendo las diferentes matrices en que se encuentran los carotenoides, la COST 91 (European Cooperation in Scientific and Technological Research) recomienda tres procedimientos para: A) "carotenos" en alimentos complejos; B) "carotenos" naturales totales en frutas, hortalizas material vegetal in natura; y C) "carotenos" en bebidas (16).

En el procedimiento A, la muestra es sometida a saponificación cerca de 60°C, por 30 minutos, con solución de KOH, etanol, éter de petróleo e hidroquinona, aplicándose agitación ocasional. Después de enfriar, los pigmentos son transferidos con éter etílico adicionándose agua y agitándose vigorosamente. Ya separadas las fases, se toma una porción de la fase etérea se retira de ella la alcalinidad con agua saturada de éter y se evapora finalmente en rotavapor a 40°C

Según el procedimiento B, el material vegetal seco es dejado durante una noche en hexano/acetona bajo atmósfera de nitrógeno, saponificase con solución metanólica de KOH a temperatura ambiente por 30 minutos. Después de adicionar agua, se agita y se dejar separar la fase de hexano. Se mide este volumen y una fracción es evaporada completamente. El material vegetal fresco es extraído tres veces con acetona. Los extractos son filtrados, combinados y su volumen determinado. Una porción es colocada en un embudo de separación con KOH y después de vigorosa agitación y reposo de 30 minutos, se adiciona hexano. Después de nueva agitación, la acetona y el KOH son lavados tres veces con agua.

La muestra de bebida en el procedimiento C es agitada fuertemente con cloroformo por 30 minutos. La emulsión resultante es centrifugada, la fase acuosa descartada por aspiración, la fase clorofórmica filtrada y una porción es evaporada para análisis.

En todos los procedimientos, las huellas de agua son eliminadas adicionándose etanol y evaporando. El residuo de etanol es después retirado con hexano, solvente en el cual son finalmente dejados los carotenoides. La solución es

entonces aplicada a una columna de alúmina desactivada y eluida con hexano hasta que el eluato no contenga más pigmento. La absorbancia es medida en longitud de onda próxima a 450 nm. El éter de petróleo puede ser usado en lugar de hexano. El contenido de  $\beta$ -caroteno es calculado usándose  $A_{1\text{cm}}^{1\%} = 2590$  en hexano, o 2600 en éter de petróleo. La recuperación promedio reportada para el procedimiento A es de 95%.

Los métodos de la COST presuponen que las cantidades de  $\alpha$ -caroteno que salen eluidas junto con el  $\beta$ -caroteno, así como las criptoxantinas dejadas en la columna son insignificantes. El valor de vitamina A de fuentes que contienen  $\alpha$ -caroteno (como la calabaza) será luego superestimado, mientras que aquellas que contienen  $\alpha$  o  $\beta$ -criptoxantina (como la papaya) tendrán sus valores subestimados. Tales métodos son entonces apropiados solamente para muestras que contengan cantidades despreciables de provitamina A que no sean  $\beta$ -caroteno. Por otra parte, los métodos son laboriosos y pueden ser simplificados. Por ejemplo, la evaporación repetitiva para retirar los vestigios de agua puede ser substituida por la adición de sulfato de sodio anhídrido.

Debemos enfatizar además que, si bien los métodos de la AOAC y COST usan la columna clásica (o abierta), ninguno de los dos se propone a separar las provitaminas. Luego, es incorrecto usar el desempeño del método de la AOAC para demostrar que la técnica de la columna abierta es un método de separación ineficiente frente a la HPLC, como afirman frecuentemente los proponentes de esta técnica.

#### MÉTODOS DE COLUMNA ABIERTA

La cromatografía descendiente en columna con flujo por gravedad, recientemente llamada de "cromatografía en columna abierta" (OCC), es el método clásico usado para determinar la composición de carotenoides de alimentos. Los materiales absorbentes más comúnmente usados son el MgO:Hyflosupercel en varias proporciones y alúmina neutra desactivada. La gel de sílica (ácido silícico) no es un adsorbente aceptado porque su acidez inherente puede causar degradación o isomerización de los carotenoides (17-19). Se ha visto que el MgO es el material que menos causa alteraciones en los carotenoides aunque lo contrario también fue observado en MgO activado de acuerdo con el método de la AOAC (20). De las muchas combinaciones de solventes utilizadas en la elución, las más comunes son el éter de petróleo o hexano con varias concentraciones de éter etílico, acetona o benceno. Esta técnica (21) ha sido empleada en nuestro laboratorio por varios años para determinar la composición cuantitativa de carotenoides en alimentos brasileños (22-35) y para acompañar los cambios durante el procesamiento o el almacenamiento (36-37). A partir de las composiciones obtenidas, la cantidad de cada provitamina, considerando su respectiva actividad, es usada

para calcular el valor de vitamina A. Nuestro procedimiento ha sido también usado por otros laboratorios en el Brasil (38-42).

Si el único objetivo del analista es determinar el valor de vitamina A de una cierta fuente, el método clásico para carotenoides puede ser considerablemente simplificado (5). La versión simplificada consiste en macerar la muestra (la cantidad depende del contenido de cada material, p.e., 5 g para tallo, 10 g para tomate, 20 g para papaya) con acetona a 4 ó 5°C y celite en batidora (waring blender) o homogenizador (sin fugas) con vaso de vidrio o acero inoxidable, durante 1 o 2 minutos, seguido de un paso de filtración en embudo Büchner o de vidrio sinterizado ordinario. Para aumentar la extractabilidad de algunos tejidos resistentes a la penetración del solvente, como son las hortalizas, se coloca la muestra finamente picada previamente en acetona por 20 minutos en la heladera; otros tejidos como la calabaza y el maíz pueden ser homogeneizados con pequeñas cantidades de agua antes de la extracción. La extracción y filtración deben ser repetidas dos o tres veces hasta que el residuo aparezca sin color.

Los carotenoides son transferidos con éter de petróleo de forma suave gradual en un embudo de separación. Para evitar la formación de emulsión, la cual es difícil de deshacer y ocasiona pérdidas de pigmento que pasan para la fase acuosa, se adiciona la solución acetónica en varios tiempos al éter de petróleo que se encuentra en el embudo. Después de cada incremento, se agrega agua contra la cara interna de la pared del embudo de tal forma que no haya agitación. Una vez separadas las fases, se descarta la inferior y se repite el proceso con un nuevo incremento del extracto cetónico. Cuando todo el extracto se encuentra en el embudo, se lavan otras cuatro o cinco veces con agua para retirar la acetona residual. La fase de éter de petróleo con los carotenoides es después secada con  $\text{NaSO}_4$  anhídrido y concentrada en un rotavapor a menos de 35°C.

El concentrado es aplicado como una cobertura delgada al extremo superior de una columna de MgO:Hyflosupercel (1:1) previamente embebida en éter de petróleo. La cromatografía se desarrolla con los siguientes eluyentes (sendas porciones de 50 ml) éter de petróleo, 1, 2 y 5% de éter etílico en éter de petróleo y 1, 2, 5 y 8% de acetona en éter de petróleo. Uno o más de esos pasos pueden ser omitidos o los volúmenes adaptados dependiendo de los carotenoides presentes en la muestra.

La columna de vidrio (2 d.i. x 20 cm) es empacada primero colocando un tapón de lana de vidrio en el fondo y después llenándola con el adsorbente hasta una altura de 1.5 cm (14). Mientras se aplica succión a la salida de la columna por intermedio de un sistema de matraz-trompa de vacío, la parte superior es presionada levemente con un instrumento plano (p.e. un corcho insertado por la base menor con una varilla de alambre) hasta disminuir la altura a 10 cm. Sobre la superficie plana de la columna colócase

una capa de 1 cm de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro. La succión es mantenida durante toda la cromatografía. La separación de los carotenoides es seguida visualmente y cada banda correspondiente a las provitaminas es colectada separadamente y transferida a un balón volumétrico. Debido al efecto del solvente en la absorbancia, es necesario lavar cuatro veces con agua aquellas fracciones que contienen acetona y secar con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  antes de colocar en el balón volumétrico. El volumen se completa con éter de petróleo y se toma el espectro entre 550 y 350 nm (cubeta de 1 cm). La concentración de cada provitamina se calcula usando la absorbancia máxima y la absortividad respectiva tabulada (7), según la expresión:

$$\text{Provitamina (ug/g)} = \frac{\text{Abs. Max.} \times \text{Vol. (ml)} \times 10^6}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times 100 \times \text{Peso de la muestra (g)}}$$

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$  es 2800 para  $\alpha$ -caroteno. 2592 para  $\beta$ -caroteno y 2386 para criptoxantina en éter de petróleo.

A pesar de que el método de columna con flujo por gravedad ha sido llamado de "complicado" en la literatura, su simplicidad puede ser demostrada considerando los tres grupos antes mencionados. Para el 1º grupo, la elución termina con la salida de la primera banda anaranjada, que es el  $\beta$ -caroteno y el cual es desplazado con éter de petróleo puro (o con solución de 5% de éter de petróleo, dependiendo de su concentración). Para el 2º grupo,  $\alpha$ -caroteno el cual eluye antes que el  $\beta$ -caroteno, las dos bandas son colectadas separadamente. En los dos casos, todos los demás carotenoides (y clorofilas cuando están presentes) quedan retenidos en la columna.

La situación es menos simple cuando se considera el tercer grupo. Los hidroxicarotenoides en frutas se encuentran principalmente esterificados con ácidos grasos. Antes de la cromatografía es menester saponificar el extracto para obtener los carotenoides libres. La fracción de  $\beta$ -criptoxantina es eluida después del  $\beta$ -caroteno y, por tanto, la cromatografía debe extenderse inclusive hasta la eliminación de algunos carotenoides inactivos que interfieren. En el caso de la *Spondias lútea*, por ejemplo se eluye primero el  $\alpha$ -caroteno, seguido del  $\beta$ -caroteno,  $\zeta$ -caroteno, zeinoxantina,  $\beta$ -criptoxantina y criptoflavina; así, solo las fracciones 1, 2, 5 y 6 son colectadas y cuantificadas. En el loquat, el orden de elución es  $\beta$ -caroteno,  $\zeta$ -caroteno, neurosporeno,  $\beta$ -criptoxantina y 5,6-monoepoxi- $\beta$ -criptoxantina, de los cuales apenas las fracciones 1, 4 y 5 tienen actividad (la última se encuentra en cantidades tan bajas que puede ser despreciada). En algunos cultivares de papaya de pulpa roja, el 5,6 -monoepoxi- $\beta$ -criptoxantina contribuye entre 13 y 16% del valor de vitamina A total y debe entonces ser recogido y cuantificado. Los carotenoides como licopeno, luteína, violaxantina, zeaxantina y neoxantina, que se encuentran en grandes cantidades en algunos alimentos, se absorben fuertemente a la columna y no son eluidos. Si se desea la composición completa de las

provitaminas, esta técnica permite la separación y cuantificación de todas ellas, incluyendo las menos expresivas, siempre que no importe la prolongación y complicación del análisis.

La saponificación es también necesaria para eliminar lípidos indeseables de muestras aceitosas. La mejor manera de realizar esta operación es adicionando un volumen de KOH metanólico al 1% después de haber transferido los carotenoides al éter de petróleo. La reacción se realiza durante la noche, en la obscuridad y a temperatura ambiente. Después de lavar cinco veces con agua y secar con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , la solución de carotenoides es concentrada para ser aplicada a la columna. Dependiendo de las condiciones, especialmente alta temperatura y concentración de KOH, la saponificación puede producir degradación y compuestos artificiales (11).

Los absorbentes encontrados comercialmente suelen variar en su capacidad adsorptiva y la más pequeña cantidad de impurezas puede alterar el poder de elución del solvente. Si bien las variaciones de calidad son mayores entre fabricantes, ellas también existen entre lote y lote y son más notables en los países en desarrollo.

Por lo tanto, no debería sorprender si en su primera tentativa un laboratorio no logra reproducir las separaciones reportadas en la literatura; esto apenas significa que algunas medidas de ajuste deben ser tomadas. La capacidad adsorptiva puede ser aumentada activando el adsorbente a 110°C durante 4 h, o disminuida elevando la proporción del Hyflosupercel (p.e., 1:2). Los volúmenes de elución también pueden ser modificados. Por ejemplo, para aumentar la separación entre el  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno, puede usarse  $\text{MgO}:\text{Hyflosupercel}$  (1:1) activado, o aumentarse el volumen de los solventes iniciales. Afortunadamente, el hecho de que los carotenoides poseen color permite, la visualización de las bandas, lo que facilita las separaciones.

En muestras que contienen cantidades apreciables de isómeros cis, es probable que estos tengan que ser separados de los trans debido a la menor actividad biológica que los primeros poseen (p.e., el 13-cis- $\beta$ -caroteno tiene 53% y el 9-cis- $\beta$ -caroteno apenas 38% de la actividad del trans- $\beta$ -caroteno). Para separar los isómeros, las fracciones de provitaminas A obtenidas en la columna de  $\text{MgO}:\text{Hyflosupercel}$  son recromatografiadas individualmente en columna de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , marca Mallinkrodt (43) y desarrollada con varias concentraciones de éter etílico en éter de petróleo (33). Sweeney Marsh (44, 45) recomendaron el uso de una columna de dos fases (3 cm  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y 7 cm  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  :  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  1:6) y desarrollaron con 0,5% y 1,5% de p-metilanisol en éter de petróleo para  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno, respectivamente.

Tsai et al. (46), propusieron el empleo de una columna abierta reciclable, rellena con material RP- $\text{C}_{10}$  (50  $\mu\text{m}$ ) para HPLC preparativa, eluida isocráticamente con acetonitrilo-

metanol-cloroformo (47:47:6) y flujo forzado con  $N_2$  como alternativa para el uso del aparato de HPLC en laboratorios de escasos recursos. Para evitar el empleo de acetonitrilo, solvente tóxico y caro, la elución también puede ser efectuada con acetona con concentraciones decrecientes de agua (15, 10, 0%), lo cual mejora la recuperación de  $\beta$ -caroteno (47). Este sistema es recomendable sólo para hortalizas, siendo el orden de elución xantofilas, clorofilas y  $\beta$ -caroteno. Para otros alimentos, el método no ofrece separación eficiente: los  $\alpha$ - y  $\beta$ -carotenos no se separan, o lo hacen a duras penas, el licopeno se difunde por la columna mezclándose con el  $\beta$ -caroteno y la  $\beta$ -criptoxantina (47). Las variaciones que se encuentran entre los métodos de columna abierta fueron descritas por Simpson et al. (48).

### MÉTODOS POR HPLC

Como ocurre en otras áreas, la HPLC es considerada como lo más avanzado que existe para determinar provitamina A. La mayor parte de los métodos utilizan columnas de fase inversa ( $RPC_{18}$ ) (9, 49-58). El  $MgO$  no es suficientemente estable dentro de la columna para HPLC (59), no obstante háyase mostrado eficiente en la separación de los carotenoides de frutas cítricas (60, 61). Igual que en la OCC, sospéchase aquí que la sílica promueva degradación de los carotenoides dentro de la propia columna (62).

Las fases móviles más comunes son combinaciones de acetonitrilo, cloroformo, diclorometano, tetrahidrofurano, metanol y hexano usados isocráticamente. La elución con gradientes requiere largos períodos para restablecer el equilibrio después de cada corrida (49, 63), aún cuando el tiempo puede ser reducido a 1 min. con cartuchos de  $C_{18}$  en módulos radialmente comprimidos y un sistema de solvente con 3% de agua hasta 10% de tetrahidrofurano en metanol (15).

Las muestras de alimentos suelen requerir el cambio frecuente del material de las precolumnas, o de su lavado con metanol cloruro de metileno/hexano (50, 64).

Varias son las ventajas enumeradas para los métodos por HPLC: 1) rapidez; 2) simplicidad; 3) reproducibilidad; 4) menor exposición al oxígeno, luz, adsorbente y solvente; 5) exactitud; 6) separación eficiente y 7) sensibilidad.

Observando la literatura con atención, sin embargo se aprecia que ningún método de HPLC es todavía aceptado de forma general, permaneciendo así esta poderosa técnica apenas en potencial dentro del área.

Casi todo trabajo de HPLC comprende una demorada preparación de la muestra, los resultados se refieren frecuentemente apenas al  $\beta$ -caroteno (aún en alimentos que contienen cantidades apreciables de  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina), además de presentar datos ampliamente divergentes (1). Estas fallas, obviamente irán siendo

corregidas a medida que aumenten nuestros conocimientos sobre la aplicación del método al análisis de la provitamina A. En los países en desarrollo permanecerá todavía el problema del alto costo del instrumento y su mantenimiento.

La cuantificación en HPLC puede ser problemática ya que se requiere tanto de resolución óptima y de correcta calibración con patrones adecuados. Como los carotenoides poseen diferentes coeficientes de absorptividad y máximos de absorción en longitudes de onda diferentes (Tabla 1), la normalización interna y el cálculo de los picos en porcentaje del área total son datos que conducen a errores numéricos. La calibración con un patrón externo presenta algunos problemas ya que la constante inyección de patrones confiables se hace necesaria. Solamente el  $\alpha$  y  $\beta$ -carotenos son encontrados en el comercio y además de eso, Quackenbush y Smallidge (55), encontraron una variación en el porcentaje de trans- $\beta$ -caroteno de 0,6 a 88,7% entre seis de los distribuidores más importantes. Por otro lado y a pesar de las frecuentes afirmaciones de que las soluciones patrones son estables por semanas o meses, nuestra experiencia y la de otros investigadores (55, 65) indica que los patrones sufren rápida degradación después de abierto el recipiente sellado. Las soluciones patrón deben ser usadas recién preparadas, tener su concentración verificada por espectrometría y su pureza por TLC. Los patrones para otras provitaminas, como no se encuentran en el comercio, son obtenidos de fuentes naturales purificados por OCC o, alternativamente, colectadas después de repetidas operaciones de HPLC. Cualquiera de las dos alternativas, sin embargo, complica y demora el análisis.

Si bien los patrones de provitaminas son también requeridos en la determinación inicial de los factores de respuesta, la calibración con patrón interno tiene la ventaja de que los inestables patrones de provitaminas no son necesarios con la misma frecuencia que en el caso de la patronización externa. Decapreno- $\beta$ -caroteno (64) y Sudan I (55) ya fueron recomendados como patrones internos. El primero es un carotenoide  $C_{50}$  que contiene dos unidades isoprénicas más que el  $\beta$ -caroteno, no es un compuesto natural, es más estable que el  $\alpha$ - y  $\beta$ -carotenos pero no está disponible comercialmente (no obstante los autores afirman que el compuesto es de fácil síntesis industrial). El segundo es un producto que no se amolda a la regla de que el patrón la substancia en análisis deben tener estructuras similares. Su uso es válido por ser estable, y comercialmente disponible, además de cumplir con los requisitos fundamentales de longitud de absorción máxima, solubilidad semejante y no interferencia en sistemas cromatográficos de fase inversa. Es menester, sin embargo, retirar antes de la cromatografía las clorofilas, los dihidro y polioxicarotenoides porque estos son eluidos en la misma posición del Sudán I.

Una ventaja obvia de la HPLC sobre la cromatografía en columna abierta es la mayor reproducibilidad de la separación. Con la OCC esto depende principalmente de la habilidad del técnico en rellenar la columna y visualizar las bandas.

Teóricamente, la alta capacidad de resolución de la HPLC (66) debería permitir la determinación completa de la composición de provitamina sin tener que recurrir a la recromatografía, como ocurre con la técnica de columna abierta, en especial para los isómeros *cis*. En la práctica, sin embargo, tal grado de eficiencia no se manifiesta (1).

Bushway (51) usó cuatro columnas comerciales RP-C<sub>18</sub>, cinco sistemas de solvente para fase inversa, así como columnas de alúmina y amina. Sus cromatogramas mostraron la dificultad que existe en separar los diferentes carotenoides y los isómeros *cis* y *trans*. Debido a la complejidad de la composición de los carotenoides, el autor expresó dudas de si un método cualquiera de HPLC sería capaz de cuantificar las principales provitaminas de toda fruta y verdura.

Quackenbush Smallidge (55) experimentaron mas de 20 columnas comerciales, entre C<sub>18</sub> y C<sub>8</sub>, y solamente tres mostraron alguna separación de los isómeros *cis* y *trans* del β-caroteno, siendo la Vydac TP-201 la más efectiva. La elución se efectuó con gradiente discontinuo de metanol hasta metanol:cloroformo (94:6), o isocráticamente con metanol:cloroformo (94:6). Ese sistema fue probado con algunas muestras de alimentos para cuantificar tan sólo los isómeros *cis* y *trans* del β-caroteno, aun así, apenas en términos relativos (67).

Una buena separación de los isómeros *cis* del β-caroteno fue obtenida con una columna de Ca(OH)<sub>2</sub> rellena en laboratorio y desarrollada con acetona al 0,1 o 0,5% en hexano (68) o con acetona:hexano (3:97) (69). Este último sistema fue aplicado a muestras de alimentos pero los valores absolutos de cada isómero no fueron dados, siendo imposible comparar un alimento con otro, además de no haber sido consideradas las otra provitaminas.

El contenido de provitamina A de algunas muestras de alimentos fue determinado usándose cromatografía en columna de MgO:Hyflosupercel y HPLC en fase inversa, con cuantificación por patronización externa o interna con Sudán I (70). Los resultados mostraron que cualquiera de las técnicas puede ser usada siempre y cuando el análisis proceda en condiciones óptimas. El mejor camino es usar HPLC con patronización interna complementado con el método de columna abierta.

#### CONFIRMACION DE LA IDENTIDAD DE LAS PROVITAMINAS

Obviamente que para una cuantificación segura de las provitaminas es necesario que haya primero una identificación conclusiva. Para los carotenoides ya

conocidos, la identificación conclusiva puede darse mediante la combinación consciente de parámetros tradicionales como el comportamiento cromatográfico, espectro de absorción y reacciones químicas específicas. Los datos cromatográficos (orden de elución en OCC, tiempos de retención en HPLC valor de R<sub>f</sub> y co-cromatografía por TLC) proporcionan las primeras indicaciones sobre la identidad, pero no deberían ser usados como único criterio. El espectro visible permanece como el medio de diagnóstico más accesible al investigador. Su valor se fundamenta en la interacción de la luz con la cadena polienica conjugada y otras características estructurales (7). El tipo, localización y número de grupos funcionales en las xantofilas puede ser confirmado con las reacciones específicas para los grupos (3).

Los carotenos α-, β-, γ-caroteno y β-zeacaroteno, poseedores de actividad provitamínica A, los inactivos ζ- y δ-caroteno y el licopeno pueden ser distinguidos por sus espectros de absorción visible (Tabla 1). El espectro de β-criptoxantina es similar al del β-caroteno y los de α-criptoxantina y zeinoxantina son parecidos al del α-caroteno. Los hidroxicarotenoides, sin embargo, por ser mas polares, se absorben mas fuertemente a la columna de fase normal y a la capa fina de sílica, y además, la presencia del grupo hidroxilo puede ser confirmada por acetilación con anhídrido acético. Es claro que esta reacción no diferenciaría entre los dos monohidroxiderivados del α-caroteno (Figura 1) que exhiben espectro idéntico y comportamiento cromatográfico similar. Si bien estos pueden ser distinguidos por resonancia magnética nuclear y espectrometría de masa, la respuesta a la metilación con metanol acidificado es clara y simple: la zeinoxantina, que es inactiva, responde negativamente y la provitamina α-criptoxantina de forma positiva, debido a la posición alílica del grupo hidroxilo. Ya es sabido que la α-criptoxantina se encuentra mas ampliamente distribuida que la β-criptoxantina (71) a pesar de no ser un pigmento principal y su contribución al valor de vitamina A sea frecuentemente considerada insignificante. La zeinoxantina también es un pigmento común, y suele estar en mayor concentración, lo que puede inducir a un error si es confundida con la α-criptoxantina. En la fruta brasileña *Spondias lútea*, por ejemplo, esa superestimación podría llegar hasta 19% (31).

La localización del epóxido en la β-criptoxantina monoepóxido determina si el carotenoide tiene actividad o no. El espectro visible y la reacción del epóxido (Tabla 1) demuestra únicamente si el grupo es 5,6 ó 5',6'. Por resonancia magnética y espectrometría de masa fue establecido que, en la papaya, la posición de la función es 5,6 y por lo tanto tiene actividad provitamínica (72).

Aún con un método químico correcto a su disposición, el químico analítico debe enfrentar dos problemas más 1) la variación natural entre lotes diferentes del mismo alimento

y 2) los factores de conversión para transformar el contenido de provitamina en valor vitamínico o actividad vitamínica A.

Está demostrado que la composición de carotenoides varía en función de factores tales como el tipo de cultivar, estado de maduración, composición del suelo, clima, parte de la planta utilizada, duración de la poscosecha, condiciones de almacenamiento, etc., haciendo que el muestreo sea de fundamental importancia para un resultado confiable. Datos obtenidos de muestras de lote único, por tanto, son de dudosa validez y en nuestra opinión, informaciones adicionales sobre variedad o cultivar, estado de maduración, parte analizada, etc, deben complementar los resultados.

Pequeñas inexactitudes en el método analítico son despreciables en relación a errores grandes introducidos al efectuar la conversión de provitamina para actividad de vitamina A. Los valores son comúnmente expresados como equivalentes de retinol (ER) o unidades internacionales (UI) por 100 g, el primero siendo preferido. Por definición, 1 ER

es igual a 1  $\mu\text{g}$  de retinol, ó 6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno, o 12  $\mu\text{g}$  de otros carotenoides activos. La unidad internacional, por su lado, es una décima parte del ER, de forma que 1 UI es igual a 0,6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno (73). Estas equivalencias adoptadas por recomendación de un Comité de Peritos de la FAO/WHO, presuponen que apenas, 1/3 del  $\beta$ -caroteno es absorbido en el intestino y que, además, existe una eficiencia de conversión posterior de 50%. De esa forma, la biodisponibilidad total del caroteno resulta igual a 1/6, de la del retinol. Simpson y Tsou (74) consideraron que los factores de la NRC-NAS pueden ser demasiado conservadores, mientras que Bauernfeind et al. (75) afirmaron que una relación más realista debería ser de 2  $\mu\text{g}$ , y no 0,6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno para 1 U.I.

Dejando de lado esos puntos de vista conflictivos, debe ser observado que el uso de un único factor de conversión para caroteno en toda una gama de fuentes alimenticias es una supersimplificación. Siendo imposible obtener un factor para cada alimento en separado, probablemente se

TABLA 1  
ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LAS PROVITAMINAS COMUNES Y  
CAROTENOIDES INACTIVOS QUE INTERFIEREN EN EL ANALISIS

Carotenoide	Provitamina A actividad (%)	$\lambda$ max (n) en éter de petróleo	Ensayos químicos
$\beta$ -caroteno	100	(425), 448, 475	-----
$\alpha$ -caroteno	50-54	422, 444, 473	-----
$\zeta$ -caroteno	inactivo	378, 400, 425	-----
$\beta$ -zeacaroteno	20-40	406, 428, 454	-----
$\delta$ -caroteno	inactivo	431, 456, 489	-----
$\gamma$ -caroteno	42-50	437, 462, 494	-----
licopeno	inactivo	446, 472, 505	-----
5,6-monoepoxi- $\beta$ -caroteno	21	(423), 444, 473	epóxido +, desplazamiento de 20 nm al adicionar HCl diluído
mutatocromo	50	409, 428, 452	epóxido +
$\alpha$ -criptoxantina	activa (sin datos)	422, 444, 473	acetilación + metilación +
zeinoxantina	inactiva	422, 444, 473	acetilación + metilación
$\beta$ -criptoxantina	50-60	(425), 449, 476	acetilación + metilación
5,6--monoepoxi- $\beta$ -criptoxantina	activa (sin datos)	(422), 444, 473	acetilación + metilación -, desplazamiento de 20 nm al adicionar HCl diluído

Los números en paréntesis representan un "hombro"; epóxido + significa que el color naranja se torna azul o verde azulado cuando la placa de TLC se expone a los vapores de HCl.

deben establecer factores para grupos de alimentos, tales como verduras crudas, verduras cocidas, frutos de palmas, etc.

Hasta que esos factores no sean mejor definidos, los resultados de los análisis deben continuar siendo referidos en términos de contenido de provitamina A por unidad de peso, paralelamente con el valor vitamínico A aproximado para poder más tarde efectuar cálculos actualizados.

Por todo lo expuesto, gran parte de la inexactitud de los datos hoy día existentes, es debida no a las técnicas analíticas en sí, sino a la aplicación inadecuada de las mismas y a la interpretación errónea de resultados.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la FAPESP y el CNPq por el apoyo financiero, sin el cual no hubiera sido posible la experiencia propia de este campo tan competitivo.

#### REFERENCIAS

- Rodriguez-Amaya, DB. Critical review of provitamin A determination in plant foods. *J Micronutrient Anal*, 5: 191-225, 1989
- International vitamin A Consultative Group. Minutes of the 12th Meeting of IVA CG. Addis Abeba, 7-12 diciembre Washington, D.C., The Nutrition Foundation. 1987.
- Liaaen-Jensen, S. In: Carotenoids, O Isler (Ed.). Basel, Switzerland, Berkhauser Verlag, p. 61-188. 1971
- Taylor, RF Chromatography of carotenoids and retinoids. *Adv Chromatogr*, 22: 157-213, 1983.
- Rodriguez-Amaya, DD, Kimura, M, Bodoy, HT Arima, HK Assessment of provitamin determination by open column chromatography visible absorption spectrophotometry. *J Chromatogr Sci*, 26: 624-629, 1988.
- Edwards, CG & Lee, CY. Measurement of provitamin carotenoids in fresh and canned carrots and green peas. *J Food Sci*, 1: 534535, 1986.
- Davies, BH Carotenoids. In: Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments, 2nd ed, Vol. 2, T.W. Boodwin (Ed.) .London, Academic Press, p. 38-65. 1976
- Khacik, F, Beecher, GR. & Whitaker, NF Separation, identification, and quantification of the major carotenoid and chlorophyll constituents in extracts of several green vegetable by liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem*, 34: 603-661, 1986.
- Bushway, RJ Wilson, AM. Determination of  $\alpha$  and  $\beta$  carotene in fruit and vegetable by high performance liquid chromatograph. *Can Inst Food Sci Technol. J*, 15: 165-699, 1982.
- Baranyai, M, Matus, Z & Szabolcs, J. Determination, by HPLC, of carotenoids in paprika products. *Acta Alimentaria*, 11: 309-323, 1982.
- Kimura, M, Rodriguez-Amaya, DB & Godoy, HT. Assessment of the saponification step in the quantitative determination of carotenoids and provitamins A *Food Chem.*, 3S: 187-195, 1990.
- Schmidt, K, Francis, G & Liaaen-Jensen, S Bacterial carotenoid XXXVI. Remarkable C<sub>43</sub> carotenoid artifacts of crossconjugated carotenals and new carotenoid glucosides from Athiorhodaceae spp. *Acta Chem Scand*, 25: 2476-2486 1971.
- Stewart, I. & Wheaton, TA. Conversion of  $\beta$  citraurin to reticulaxanthin and  $\beta$  apo-8-carotenal citranaxanthin during the isolation of carotenoids from citrus. *Phytochem*, 12: 2947-2951, 1973.
- Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 14th ed. Arlington, VA, p. 834-835. 1984.
- Simpson, KL Relative value of carotenoids as precursors of vitamin A. *Proc Nutr Soc*, 42: 7-17, 1983.
- Brubacher, G, Muller Mulot, W & Southgate, DT. Methods for the determination of vitamins in food. London, Elsevier Applied Science Publishers, 1985, p. 33-50.
- Strain HH, Sherma, J & Grandolfo, M. Alteration of chloroplast pigment by chromatography with siliceous adsorbents. *Anal. Chem.*, 39: 926-932, 1967.
- Rodriguez, DB, Tanaka, Y, Kataama, T, Simpson, KL, Lee, TC & Chichester, CO. Hydroxylation of  $\beta$  carotene on microcel C. *J Food Agric Chem*, 24: 819-822, 1976a.
- Tanaka, Y, Katayama, T, Simpson, KL, & Chichester, CO. Stability of carotenoids on silica gel and other adsorbents. *Bull Jap Soc Fish*, 46: 799, 1981.
- Rouchaud, J, Moons, C. & Meer, J. Effects of pesticide treatments on the carotenoid pigments of lettuce. *J Agric Food Chem*, 32: 1241-1245, 1984.
- Rodriguez, DB, Raymundo, LC, Lee, TO, Simpson, KL Chichester, CO. Carotenoid pigment change in ripening *Momordica charantia* fruits. *Ann. Bot.*, 40: 615-624, 1976b.
- Cecchi, HM & Rodriguez-Amaya, DB. Carotenoid composition and vitamin A value of fresh and pasteurized cashew-apple (*Anarcadium occidentale L.*) Juice. *J Food Sci*, 46: 147-149, 1981a.
- Cecchi, HM & Rodriguez-Amaya, DB. Carotenóides e valor de vitamina A em suco de maracujá processado. *Cienc Cultura*, 33: 72-76, 1981b.
- Padula, M, Rodriguez-Amaya, DB & Moraes, MA. Comparison of the carotenoid composition and general properties of the processed juice of guava IAC-4 and commercial juices. *Cienc Tecnol Aliment*, 3:109-116, 1983.
- Rodriguez-Amaya, DB, Bobbio, PA & Bobbio, FO. Carotenoid composition and vitamin A value of the Brazilian fruit, *Cyphomandra betacea*. *Food Chem*, 12: 61-65, 1983.
- Padula, M & Rodriguez-Amaya, DB Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brazilian guava (*Psidium guajava L.*) . *Food Chem*, 20:11-19, 1986.
- Ramos, DMR, Rodriguez-Amaya DB. Determination of the vitamin A value of common Brazilian leafy vegetables. *J. Micronutr Anal.*, 3: 147-155, 1987.
- Kimura, M & Rodriguez-Amaya, B. Cultivar differences, geographic effects and influence of exogenous ethylene on the carotenoid composition and vitamin A value of papaya. Presentado em: 8th International Symposium on Carotenoids, Boston, 1987.

29. Arima, HK, Rodriguez-Amaya, DB. Carotenoid composition and vitamin A value of commercial Brazilian squashes and pumpkins. *J Micronutr Anal*, 4: 177-191, 1988.
30. Godoy, HT & Rodriguez-Amaya, DB. Carotenoid composition of commercial mangoes from Brazil. *Lebensm. Wiss Technol*, 22: 100-103, 1989.
31. Rodriguez-Amaya, DB & Kimura, M. Composição de carotenóides e valor de vitamina A em Cajá (*Spondias lutea*). *Cienc Tecnol Aliment*, 9: 148-162, 1989.
32. Mercadante, Z & Rodriguez-Amaya, DB. Carotenoid composition and vitamin A value of some native Brazilian green leaf vegetables. *Int. J Food Sci Technol*, 5: 213-819, 1990.
33. Tavares, C & Rodriguez-Amaya, DB. Determinação de provitaminas A e carotenóides em alimentos "in natura" e processados. Apresentado em: IV Encontro Nacional de Analistas de Alimentos. Belo Horizonte, outubro de 1988.
34. Arima, HK & Rodriguez-Amaya, DB. Carotenoid composition and vitamin A value of a squash and pumpkin from Northeastern Brasil. *Arch Latinoamer Nutr*, (em prensa).
35. Trujillo-Quijano, JA, Rodriguez-Amaya, DB, Esteves, W & Plonis, GF. Carotenoid composition and vitamin A value of oils from four Brazilian palm fruits. *Fat Sci Technol*, 136 (em prensa) 1990.
36. Padula, M & Rodriguez-Amaya, DB. Changes in individual carotenoids and vitamin C on processing and storage of guava juice. *Acta Alimentaria*, 16: 209-216, 1987.
37. Godoy, HT & Rodriguez-Amaya, DB. Changes in individual carotenoids on Processing and storage of mango (*Mangifera indica*) slices and puree. *Int. J Food Sci Technol*, 22: 451-460, 1987.
38. Penteado, MVC, Minazzi, RS & Almeida, LB. Carotenóides e atividade pro-vitáminica A em folhas de hortaliças consumidas no norte do Brasil. *Rev Farm Bioquim Univ S Paulo*, 22: 97-102, 1986.
39. Almeida, LB & Penteado, MVC. Carotenóides e valor de pró-vitáminico A da mandioquinha (*Arracacia xanthorrhiza Bancr*) consumida em Sao Paulo. *Rev Farm Bioquim Univ S Paulo*, 23: 52-57, 1987a
40. Almeida, LB, Penteado, MVC. Carotenóides com atividade pró-vitáminica de cenouras (*Daucus carota L.*) comercializadas em Sao Paulo. *Rev Farm Bioquim. Univ S. Paulo*, 23: 133-141, 1987b.
41. Almeida, LB & Penteado, MVC. Carotenoids and provitamin A value of white fleshed Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.). *J Food Comp Anal.*, 1: 341-352, 1988.
42. Hiane, PA & Penteado, MVC. Carotenóides e valores de vitamina A do fruto e da farinha de bacaiúva (*Acrocomia mokayaba* Barb. Rodr.) do estado do Mato Grosso do Sul. *Rev Farm Bioquim Univ. S. Paulo*, 25: 158-168, 1989.
43. Bickoff, EM, Atkins, ME, Bailey, G.F. & Stitt, F. Stereoisomeric analysis of  $\beta$  carotene. *J Assoc. Off Anal. Chem*, 32: 77-74, 1949.
44. Sweeney, JP & Marsh, AC. Separation of carotene stereoisomers in vegetables. *J Assoc. Off Anal. Chem.*, 53: 937-940, 1970.
45. Sweeney, JP & Marsh, AC. Effect of processing on provitamin A in vegetables. *J Am Diet Assoc*, 59: 238-243, 1971.
46. Tsai, SW, Tsou, SCS & Simpson, KL. Reversed phase flash column analysis of provitamin A carotenoids. *J Micronutrient Anal*, 5: 171-179, 1989.
47. Mercadante, AZ & Rodriguez-Amaya, DB. Comparison of normal-phase and reversed-phase gravity-flow column methods for provitamin A determination. *Chromatographia*, 28: 242-252, 1989.
48. Simpson, KL, Tsou, SCS & Chichester, CO. Carotenes. In *Methods of Vitamin Assay*, 4th ed. J. Augustin, BP Klein, DA Becker & PB Venugopal (Eds.). New York, John Wiley 1985, p. 185-220.
49. Zakaria, M Simpson, KL, Brown, PR & Krstulovic, A. Use of reversed-phase, high-performance liquid chromatographic analysis for the determination of provitamin A carotenes in tomatoes. *J Chromator*, 176: 101-117, 1979.
50. Hsieh, YPC & Karel, M. Rapid extraction and determination of  $\alpha$  and  $\beta$  carotene in foods. *J Chromatogr*, 259: 515-518, 1983.
51. Bushway, RJ. Separation of carotenoids in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography. *J Liq Chromatogr*, 8: 1527-1547, 1985.
52. Bushway, RJ. Determination of alpha and beta carotene in some raw fruits and vegetables by high performance liquid chromatography. *J Agric Food Chem*, 34: 409-412, 1986.
53. Bushway, RJ, Yang, A. & Yamani, AM. Comparison of  $\alpha$  and  $\beta$  carotene content of supermarket versus roadside stand produce. *J Food Qual* 9: 437-443, 1986.
54. Bureau, JL & Bushway, RJ. HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the United States. *J Food Sci*, 51: 128-130, 1986.
55. Quackenbush, FW & Smallidge, RL. Nonaqueous reverse phase liquid chromatographic system for separation and quantitation of provitamins A. *J Assoc Off Anal Chem*, 69: 767-772, 1986.
56. Speek, AJ, Temalilwa, CR & Shrijver, J. Determination of  $\beta$  carotene content and vitamin A activity of vegetables by high-performance liquid chromatography and spectrophotometry. *Food Chem*, 19: 65-74, 1986.
57. Speek, AJ, Speek-Saichua, S & Shreurs, WHP. Total carotenoid and  $\beta$  carotene contents of Thai vegetables and the effect of processing. *Food Chem.*, 27: 245-257, 1988.
58. Pepping, F, Vencken, CMJ & West, CE. Retinol and carotene content of foods consumed in East Africa determined by high performance liquid chromatography. *J Sci Food Agric*, 45: 359-371, 1988
59. Vecchi, M, Englert G, Maurer R & Meduna V. Trennung und charakterisierung von  $\beta$  carotin-isomeren. *Helv Chim Acta*, 64: 2746-2758, 1981.
60. Stewart I. High performance liquid chromatographic determination of provitamin A in orange juice. *J Assoc Off Anal. Chem*, 60: 132-136, 1977a.
61. Stewart I. Provitamin A and carotenoid content of citrus juice. *J Agric Food Chem*, 25: 1132-1137, 1977b.
62. Brauman, T & Grimme, LH. Reversed-phase high-performance liquid chromatography of chlorophylls and carotenoids. *Biochim Biophys Acta.*, 637: 8-17, 1981.

63. Nelis, HJCF. & De Leenheer, AP. Isocratic nonaqueous reversed-phase liquid chromatography of carotenoids. *Anal Chem*, 55: 270-275, 1983.
64. Khacik, F & Beecher, BR. Decapreno  $\beta$ - carotene as an internal standard for the quantification of the hidrocarbon carotenoids by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr.*, 346: 237-246, 1985.
65. Thompson, JN. Problem of official methods and new techniques for analisis of foods and feeds for vitamin A. *J Assoc Off Anal. Chem.*, 69: 727-738, 1986.
66. Ruedi, P. HPLC: A powerful tool in carotenoid research. *Pure Appl Chem*, 57: 793-800, 1985.
67. Quackenbush, FW. Reverse phase HPLC separation of cis and trans-carotenoids and its application to  $\beta$  carotenes in food materials. *J Liq Chromatogr*, 10: 643-653, 1987
68. Tsukida, K, Saiki, K, Takii, T. & Koyama, Y. Separation and determination of cistrans- $\beta$ -carotenes by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr*, 245: 359-364, 1982.
69. Chandler, LA & Schwartz, SJ HPLC separation o cis-trans isomers in fresh and processed fruits and vegetables. *J Food Sci*, 52: 66-72, 1987.
70. Carvalho, PRN, Collins, CH & Rodriguez-Amaya, DB Provitamin A determination by open column chromatography and HPLC. Presentado em: 9th International Symposium on Carotenoids. Kyoto, mayo de 1990.
71. Rodriguez-Amaya, DB, Cecchi, HM, Padula, M, Godoy, HT, Ramos, DM, Kimura, M & Tavares, C.A. Distribution of carotenoids in Brazilian foods. Presentado em: 8th International Symposium on Carotenoids. Boston, julio de 1987.
72. Godoy, HT, Rodriguez-Amaya, DB, Connor, AE & Britton, G. Confirmation of the structure of papaya  $\beta$ -cryptoxanthin monoepoxide. *Food Chem*, 36: 281-286, 1990.
73. National Research Council. Recommended Dietary Allowances, 9th ed, Washington, D.C., NRC-NAS, 1980, p. 55-71
74. Simpson, KL & Tsou, SCS. Vitamin A and provitamin composition of foods. In: Vitamin A Deficiency and its Control. JC Bauernfeind (Ed.). New York, Academic Press, 1986, p. 461- 478.
75. Bauernfeind, JC, Adams, CR & Marusich, WL. Carotenes and other vitamin A precursors in animal feed. In: Carotenoids as Colorant and Vitamin A Precursors. JC Bauernfeind (Ed.). New York, Academic Press, 1981, p. 563-743.

## Características, composición y comportamiento quesero de la leche de cabra

*Iñigo Verdalet-Guzmán<sup>1</sup>*

**RESUMEN.** La composición de la leche de cabra, hasta el presente es mal conocida. Cada vez aparece, de más en más, que esta leche es bien diferente a la leche de vaca y a la de otras especies de mamíferos. Concentraciones más o menos fuertes en ciertos elementos. Una concentración menor en caseínas con diferentes proporciones relativas, y por otro lado, concentraciones mayores en nitrógeno no proteico, calcio y fósforo y una talla de micelas más grande, entre otros, resultan en una composición fisico-química diferente que conduce a explicar ciertas características y un comportamiento tecnológico muy particular que hace difícil seguir comparándola, como hasta hace poco, a la leche de vaca.

**SUMMARY.** Characteristics, composition and cheesemaking behavior for goat's milk Up until now, the composition of goat's milk has not been well known. However, every day it is more and more evident that this milk is quite different from cow's and other mammal's milk. This difference depends on a major concentration in some of milk elements. Caseins, in goat's milk are found in a minor concentration (their inner components have, besides, different relative proportions). On the other hand, non-proteinic nitrogen, calcium and phosphorus exist in a major concentration and biggest micellar size in goat's milk than in other milks. All these goat's milk qualities result in a different physicochemical composition which explains some of its characteristics and its very particular technological behaviour. They prevent, also, our associating goat's milk to cow's milk, as it has been done until recently.

### INTRODUCCION

La composición de la leche de cabra ha sido objeto de un cierto número de estudios. Diversas publicaciones de síntesis sobre este tema han sido reportadas. Muchos de estos estudios conciernen sobre leches individuales o de un número limitado de animales (1, 2, 3, 4). En otros más, encontramos datos de leches de mezcla, de pequeños o grandes rebaños, destinados a queserías y normalmente en explotaciones intensivas (5, 6, 7, 8, 9). Como resultado de estos trabajos, es común encontrar que la composición de las leches arrojan una variabilidad notable que hace difícil comparaciones seguras, con respecto a leches de otras especies de animales; incluso, la variabilidad individual dentro de un rebaño es también relativamente elevada (10).

En estas condiciones, será bastante difícil, del hecho mismo de estas variaciones, encontrar en la literatura una

composición media verdaderamente representativa de la leche de cabra, lo que hace que el lector sea cauto en el manejo de los datos. Sin embargo, insistir en el conocimiento de la composición de la leche de cabra sobre el plan fisico-químico reviste una importancia vital cuando se le aplique algún tratamiento tecnológico.

En este trabajo no se tiene la intención de retomar el conjunto de los datos en las publicaciones antes mencionadas, sino de analizar los resultados más recientes sobre el estudio de ciertas características fisico-químicas y de la aptitud quesera de la leche de cabra e intentar compararlas con las de la leche de vaca.

### 1. FACTORES DE VARIACION DE LA COMPOSICION DE LA LECHE DE CABRA

Los factores que influyen en la variación de la composición de ésta leche, como en la leche de otras especies, no son todavía perfectamente conocidos, se encuentran raramente de forma independiente, presentando interrelaciones complejas. Sin embargo, es posible

<sup>1</sup> Profesor-Investigador en Ciencia de los Alimentos, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, Apartado Postal 177, 91000, Xalapa, Veracruz, México.

clasificarlos en 3 grandes grupos (11).

1. Factores ligados al animal: raza, selección, fase de lactación, condición de la lactación y edad, tiempo de parición, nivel de producción y estado sanitario, 2. Factores ligados al medio ambiente: estación, fotoperiodismo, temperatura; 3. Factores ligados a las condiciones de la ganadería: ordeña, estancias, alimentación. Todos estos factores pueden tener interacciones, efectos antagonistas o conjugados e incluso, la diferencia de estos factores depende de las circunstancias especiales de cada país (3).

### 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA LECHE DE CABRA

La leche de cabra, fresca y normal, se presenta como un líquido blanco, opaco, dos veces más viscoso que el agua, de sabor ligeramente dulce y olor un poco más acentuado que la leche de vaca (6), que contrariamente a la opinión generalizada, cuando proviene de animales a buen nivel de producción y correctamente alimentados no presenta un olor fuerte.

La acidez natural de la leche de cabra es ligeramente

más débil (14ºD en promedio) que la que presenta la leche de vaca (14.5ºD). Esta diferencia podría ser atribuida a la acidez de los grupos carboxilos de la proteínas de leche, especialmente a las caseínas.

La densidad específica de la leche de cabra muestra una variación de 1.026 a 1.042, que corresponde al promedio de 1.034 (g/l) en la leche de vaca. El punto de congelación es, en promedio, más bajo que el de la vaca: -0.580 contra -0.540ºC (6).

### 3. COMPOSICION QUIMICA DE LA LECHE DE CABRA

En lo general, la leche de cabra presenta una composición relativamente parecida a la leche de vaca; sin embargo, algunas diferencias pueden ser observadas. La Tabla 1, presenta una composición media de la leche de cabra. La Tabla 2, muestra una comparación de la leche de cabra con la leche de vaca, establecidas sobre leches de grandes mezclas.

#### 3.1 Materias nitrogenadas

Estas se pueden dividir en caseínas, proteínas solubles

TABLA 1  
COMPOSICION DE LA LECHE DE CABRA DE DIFERENTES RAZAS EN DIVERSOS PAISES (g/100g) (2)

País	Animales		Número de Muestras	Sólidos Totales	Materia Grasa	Materia Proteica (N x 6,38)	Lactosa	Cenizas
	Razas	Número						
Australia	Saanen	4	4	12,24	4,01	3,10	4,93	----
Finlandia	Finlandesa	23	79	12,55	3,90	3,52	4,48	0,84
India	Barbari	97	—	—	4,11	3,76*	4,80	0,82
Italia	Sarda	—	39	—	5,1	3,9	—	—
Nigeria	Saanen	3	30	12,15	3,41	3,07	4,54	—
Nigeria	Sokoto roja	4	24	15,28	4,86	4,38	4,72	—
Nigeria	Africana enana	4	48	17,87	7,10	4,71	5,58	—
Trinidad	Alpina inglesa	6	18	11,5	3,4	2,9	—	0,78
Trinidad	Nubia inglesa	5	18	12,2	4,1	3,4	—	0,79
USA	Pigmea	6	6	21,55	7,76	5,06*	5,35	0,84
Yugoslavia	—	—	—	11,95	3,07	3,51	—	0,88

\* Proteínas: (N total-NNP) x 6,38

TABLA 2  
COMPOSICION COMPARADA DE LA LECHE DE CABRA Y DE VACA (12)

	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos Totales	Cenizas
Leche de Vaca (g/Kg)	34	29	43	114	8
Leche de Cabra (g/Kg)	38	34	48	129	9

y nitrógeno no proteico. La distribución de éstas es próxima a la leche de vaca; sin embargo, la proporción de nitrógeno no proteico es netamente más elevado en la leche caprina y las proporciones de proteínas y de caseínas comparadas al nitrógeno total son más débiles (13, 14). Si tomamos en cuenta que la leche de cabra es una leche pobre en proteína total se podrá entender porqué proporcionalmente posee una menor concentración en caseínas, dando por resultado sus mediocres aptitudes queseras que origina un rendimiento

quesero menor comparado al de la leche de vaca (14).

Al igual que en la leche de vaca, las caseínas representan la fracción proteica mayor de la leche de cabra, dividiéndose en caseínas  $\alpha$ S1,  $\alpha$ S2,  $\beta$  y  $\chi$ . La Tabla 3, muestra la proporción relativa de las diferentes caseínas, encontrándose una proporción en caseínas  $\alpha$ S total, entre paréntesis, (la suma de  $\alpha$ S1 y  $\alpha$ S2) más débil que en la leche de vaca; por el contrario, como un efecto compensador, las concentraciones en caseínas  $\beta$  y  $\chi$  son más importantes, lo

TABLA 3  
PROPORCIONES RELATIVAS DE LAS DIFERENTES FRACCIONES DE CASEINAS EN LA LECHE DE CABRA

	Fracciones (%)		$\beta$	K	Referencias
	$\alpha$ S1 ( $\alpha$ S Total)	$\alpha$ S2			
Leche de Cabra	(9)		63	15	(19)
	5	25	50	20	(20)
	5,6	19,2	54,8	20,4	(12)
	(27)		55	18	(21)
	(23)		54,3	22,7	(13)
Leche de Vaca	35	10	40	15	(4)

TABLA 4  
COMPOSICION EN AMINOACIDOS DE LAS CASEINAS BOVINAS (CB) Y CAPRINAS (CC). (23)

Aminoácidos	Caseína Total		$\alpha$ S1		$\beta$ S2		$\beta$		K	
	g/100 g									
	CB	CC	CB	CC	CB	CC	CB	CC	CB	CC
Ac. Aspártico	7,4	7,1	19	15	18	18	9	9	15	11
Treonina	5,7	4,9	5	5	14	15	12	9	13	14
Serina	5,2	6,3	15	16	14	17	15	16	12	13
Ac. Glutámico	20,3	22,4	36	39	38	40	43	39	27	26
Prolina	14,6	11,3	21	17	14	10	33	35	20	20
Glicina	2,1	2,7	8	9	2	2	6	5	2	2
Alanina	3,6	3,0	12	9	9	8	5	5	14	15
Cistina	0,4	0,3	0	0	3	2	0	0	2	2
Valina	5,7	7,2	9	11	14	14	21	19	11	11
Metionina	3,5	2,8	4	5	5	4	6	6	1	2
Isoleucina	4,3	6,1	9	11	12	11	9	10	10	13
Leucina	9,9	9,2	17	17	11	13	20	22	8	8
Tirosina	4,8	6,3	11	10	10	12	4	4	7	9
Fenilalanina	6,0	5	8	8	7	6	9	9	4	4
Histidina	5,0	3,1	3	5	5	3	5	5	4	3
Lisina	8,2	8,2	15	14	24	24	12	11	8	9
Arginina	2,1	4,1	5	6	6	6	3	4	4	5
Triptofano	1,3	1,7	—	2	—	2	1	1	1	1
Número de Fosfato				8		11	5 6 6	5	1	1
Total de Residuos			199	199	207	207	213	209	114	169

que le da originalidad a ésta leche. La composición en aminoácidos de las caseínas muestra un gran similitud con sus homólogos bovinos (Tabla 4). Parece ser que las diferencias entre fracciones  $\alpha$ S bovinas y caprinas sean del orden cuantitativo (24). Sobre este punto los datos precisos son raros y algunas veces contradictorios, pudiendo jugar el factor individuo un papel muy importante.

Las proteínas solubles son homólogas a las de la leche de vaca, más con características químicas y en proporciones diferentes. La concentración  $\alpha$ -lactoalbúmina, con respecto a los proteínas totales del suero, es más débil (7.1 contra 27.4% de la leche de vaca). Además, la estructura primaria de la  $\alpha$ -lactoalbúmina caprina observa la sustitución de 12 residuos de aminoácidos sobre un total de 123 que posee la de la leche bovina (15). Las concentraciones en  $\beta$ -lactoglobulina y en proteosomas-peptonas son más elevadas (2); aunque ésta última se diferencia de la similar bovina por tener concentraciones menores de ácido siólico, hexosa y hexoaminas (16).

La fracción de nitrógeno no proteico es de 9 contra 5% del total de la materia nitrogenada en la leche de vaca, donde la mitad está constituida por urea (2), componentes de la misma naturaleza que los de la leche de vaca.

### 3.2 Materia grasa

La materia grasa es constituida, por lo esencial, de triglicéridos (98%) que se caracterizan por la presencia de una fuerte proporción de ácidos grasos de cadena corta, como son: caprico, caprílico y caproico, los que representan 17% del total de los ácidos grasos contra 5% en la leche de vaca (17). Esta particularidad le confiere al queso de cabra su gusto "a cabra" característico.

La ausencia de  $\beta$ - caroteno que, a nivel de la leche, es enteramente convertido en vitamina A (18), confiere a la

materia grasa de la leche de cabra y a los productos lácteos caprinos una blancura característica. Los tocoferoles, también, están ausentes, lo que podría explicar la sensibilidad a la oxidación, particular, de la materia grasa de la leche de cabra.

### 3.3 Elementos minerales

La composición mineral de la leche de cabra difiere poco de la leche de vaca. Sin embargo, hay que hacer notar que la leche de cabra se caracteriza por tener una concentración un poco más débil en sodio (37.1 contra 45 mg/100 ml) y un poco más elevada en cloro (161 contra 115 mg/100 ml) y potasio (202 contra 150 mg/100 ml) (21). Este hecho, asociado a concentraciones en lactosa (4.3 g/100 ml contra 4.8 en leche de vaca) y en caseínas más débiles, pueden ser el origen del gusto ligeramente salado, algunas veces encontrado en la leche de cabra. Una composición en minerales y oligoelementos en leche de cabra comparada con leche de vaca se presenta en la Tabla 5.

Esta leche se caracteriza también, por tener concentraciones en calcio y en fósforo inorgánico, coloidales, más elevados que en la leche de vaca, lo que indica una más importante mineralización de las micelas de caseína en la leche de cabra (7,13).

### 3.4 Vitaminas

La leche posee, en cantidades variables, la casi totalidad de las vitaminas conocidas. Los factores liposolubles están localizados en la fase grasa, ciertos en el centro del glóbulo de grasa, otros en su periferia; los elementos hidrosolubles están fijados sobre la micela de caseína o dispersos en la fase acuosa. Normalmente se admite que la leche de cabra es más pobre en vitamina B<sub>12</sub> y ácido fólico cuando se compara con la leche de vaca. En la Tabla 6 se presentan los resultados de una investigación

TABLA 5  
COMPOSICION GLOBAL DE DIFERENTES LECHE EN MINERALES Y OLIGOELEMENTOS

	Leche de Cabra (19)		Leche de Vaca (20)
	Promedio	Desviación Estandard	Promedio
Na (mg/ 100 ml)	37,1	4	45
K (mg/ 100 ml)	202,1	15,4	150
Cl (mg/ 100 ml)	161,4	7,8	115
Ca (mg/ 100 ml)	125	25,5	120
P (mg/ 100 ml)	97	8	90
Mg (mg/ 100 ml)	12	1,1	12
Fe ( $\mu$ g/ 100 ml)	34,2	19,4	53
Cu ( $\mu$ g/ 100 ml)	16,4	7,7	12
Zn ( $\mu$ g/ 100 ml)	328,6	120	360
Co ( $\mu$ g/ 100 ml)	0,4	0	0,1
Mn ( $\mu$ g/ 100 ml)	5,1	0,9	5

(19) sobre la comparación de la leche de cabra en ciertas vitaminas.

#### 4. EL COMPORTAMIENTO QUESERO DE LA LECHE DE CABRA

##### 4.1 Aptitud de la leche a la coagulación

##### 4.1.1 Comportamiento de la leche frente al cuajo y característica del gel.

Diferentes estudios han demostrado que la leche de cabra proporciona un gel, al cuajo, menos firme que la leche de vaca, mismo con un contenido en caseínas iguales (25), un tiempo de cuajado más corto (1, 25, 13), y una velocidad de endurecimiento del gel más grande (13). Remeuf (24), a partir del análisis de 115 muestras de leches individuales de cabra, puso en evidencia un com-

portamiento de la leche caprina, al curso de la coagulación por el cuajo, sensiblemente diferente de la leche de vaca (Tabla 7).

La débil consistencia del coágulo al cuajo le confiere una menor resistencia al trabajo mecánico, por lo que los riesgos de pérdida de materia útil se acrecienta, resultando un rendimiento quesero más débil (13, 24). Remeuf (24), ha resaltado la fuerte influencia de la concentración en caseínas sobre las características reológicas del gel formado, las leches ricas en caseínas dan un gel más firme. Esta situación es igual en el caso de la leche de vaca, más, hasta hoy, se comprendía mal porqué a concentraciones en caseínas iguales los geles caprinos son menos firmes.

Las caseínas de la leche de cabra contienen proporciones de caseínas  $\alpha_S$  más débiles que aquellas de la leche de vaca (13). En otra, ésta proporción es muy variable

TABLA 6  
COMPOSICION EN VITAMINAS DE LA LECHE CAPRINA

		Promedio	Desviación Estandar
Acido Ascórbico	(mg/100 ml)	1,02	± 0,13
Vitamina C Total	(mg/100 ml)	2,44	± 0,16
Acido Fólico	( $\mu$ g/100 ml)	2,17	± 0,81
Vitamina B <sub>12</sub>	(ng/ 100 ml)	14,04	± 3,96
Retinol	(UI/ 100 ml)	133,3	± 30
Tocoferol	(UI/ 100 ml)	0,083	

TABLA 7  
COMPORTAMIENTO DE LAS LÉCHES DE CABRA Y VACA FRENTE AL CUAJO (24)

Variables	Valores promedios		Valores Extremos
	Leche de Cabra	Leche de Vaca	Leche de Cabra
Tiempo de Cuajado (min)	20,1 ± 1,05	37,3	9,5 - 45,8
Firmeza de Gel (mV)	48,1 ± 2,99	108,0	18,0 - 102,0
Velocidad de Endurecimiento del Gel (mV/min)	4,0 ± 0,38	3,1	0,8 - 12,3
Peso de Suero Exudado por Centrifugación (g/100 ml)	92,7 ± 0,25	87,8	89,0 - 96,2
Humedad de la Cuajada Centrifugada (g/gMS)	1,68 ± 0,06	2,35	1,33 - 2,32

según los individuos (22, 26, 27, 13), resultando diferencias de comportamiento en la coagulación. Las leches con una concentración débil en caseína  $\alpha_S$  se revelan más sensibles a la acción del cuajo, pues tienen un tiempo de coagulación más corto que las otras leche. La caseína  $\alpha_S$  tendrá así un papel estabilizante de la leche frente al cuajo (27,28).

El diámetro de las micelas, en promedio, más elevado en la leche de cabra que en la leche de vaca (260 contra 180 nm), tiene igualmente una incidencia importante sobre la consistencia del coágulo al cuajo (13). Cuando el tamaño de las micelas aumenta, la firmeza del gel disminuye. Observaciones similares han sido hechas sobre la leche de vaca (29,30). Sin embargo, la influencia de las dimensiones micelares sobre el tiempo de cuajado de la leche bovina no es evidente. Ciertos autores no resaltan un efecto significativo (31, 29, 39); otros, al contrario, han observado diferencias de tiempo de coagulación entre leches conteniendo micelas de tamaño variables (32, 33, 34).

El grado de hidratación de las micelas presenta según Remeuf (24) una correlación positiva significativa con la firmeza del gel. Esta observación es muy original y se respalda por la comparación leche cabra-leche de vaca. Esta última presenta micelas donde la hidratación es más fuerte dando un gel al cuajo de firmeza más grande.

Es posible que el grado de hidratación de las micelas influye sobre las características reológicas del gel por el intermediario de la mineralización de ellas. Las micelas de la leche de cabra, como las de leche de vaca, contiene calcio y fosfato ligados a las caseínas por ligaciones iónicas (35). La mineralización de las micelas caprinas es, sin embargo, más fuerte que en las micelas bovinas: 3.6 g de Ca/100 g de caseína contra 2.9 en la leche de vaca (13). Según O'Connor y Fox (36), la relación caseína/calcio coloidal/fósforo inorgánico coloidal (p/p/p) se estableció a 1/0.044/0.20 contra 1/0.031/0.01 en la leche de vaca. Las concentraciones en calcio y en fósforo inorgánico coloidal, que son correlacionadas positivamente a la concentración en caseínas y a la proporción caseína  $\alpha_S$ , tienen una incidencia favorable sobre la firmeza del gel y sobre la velocidad de endurecimiento (24). También ha sido observado que el aumento de la concentración en calcio en la fase soluble determina un incremento de la velocidad de formación del coágulo de cuajo (27,24).

Cuando se adiciona el cuajo a la leche de cabra, la fase enzimática se desarrolla de la misma manera que en la leche de vaca, aunque una particularidad concerniente a la fase de coagulación ha sido observada por Duanand (37). Este autor intentó aplicar a la leche de cabra un modo de coagulación inspirándose del proceso Sthenn-Hutin (38), agregando cuajo a la leche reconstituida a 25 p. 100 de extracto seco a una temperatura de 6°C, la coagulación se efectuó mezclando agua caliente después de un periodo de reposo de 20 h. La leche de vaca tratada en éstas condiciones no sufre de evolución notable al curso de este periodo de

reposo, en cambio la leche de cabra concentrada coagulaba siempre después de unas horas de almacenamiento. Mismo que la temperatura se bajara a 2°C, la leche de cabra coagulaba siempre en menos de 24 horas. Esto hace aparecer que la fase de coagulación es menor influenciada por el factor temperatura. La técnica de cuajado, en frío, de la leche concentrada y de coagulación rápida por dilución con agua caliente solo puede considerarse sobre un rango de tiempo reducido y utilizando temperaturas bajas (3-4°C).

El gel caprino presenta una capacidad al desuerado más importante que el gel bovino. Este resultado se explica, en parte, por el débil contenido en caseínas de la leche de cabra que se traduce naturalmente por una cantidad de agua más elevada por un volumen dado de leche (25,13). Remeuf (24) ha observado una correlación negativa entre la cantidad de lactosuero desuerado en condiciones determinadas y la firmeza del gel al cuajo.

Disponiendo de sus propias observaciones y de aquellas de un estudio paralelo conducido sobre leche de vaca (39), Remeuf (24) pudo establecer que la diferencia de firmeza de los geles bovinos y caprinos se explican esencialmente por la diferencias de carácter físico-químicos entre las dos leches: dos variables tienen una influencia determinante, el diámetro medio de las micelas y su grado de hidratación.

#### 4.1.2 Coagulación ácida o láctica y características del gel.

La acidificación de la leche disminuye el tiempo de coagulación por el cuajo y aumenta la firmeza del gel, hasta un pH próximo de 6 (40). Por debajo del pH 6, los efectos de la desmineralización y de la desintegración de las micelas se hacen sentir y el gel se vuelve menos firme. La acidificación puede así ser utilizada como un sólo agente de coagulación.

Los geles ácidos o lácticos tienen, del hecho mismo de su estructura, características mecánicas y reológicas muy diferentes de los geles al cuajo. Estos son desmenuzables, frágiles, permeables, poco contráctiles (41, 42, 43, 44) y de este hecho no toleran un trabajo mecánico intenso (54). Por otra parte, también tienen una estructura proteica más dispersa, más difusa y menos coherente que un gel obtenido con cuajo (46). En microscopia electrónica, aparecen como formados de larga fibras delgadas constituidas por la asociación de proteínas (47).

Los caracteres reológicos del gel láctico dependen a la vez de factores inherentes a la leche, netamente la concentración en proteínas, y de factores ligados a las condiciones de la acidificación, temperatura, velocidad de acidificación y pH del final de la fermentación (48).

Ghanem-Lakhal (49) utilizó la viscosimetría para apreciar la consistencia del gel láctico obtenido a partir de la leche de cabra. Este autor muestra que la concentración en caseína total es un factor importante de variación de la viscosidad, al igual que la relación calcio soluble/calcio

total, el diámetro medio de las micelas y la relación caseína soluble/caseínas totales. Independientemente de la concentración en caseínas, la proporción de caseínas  $\alpha$ S, influye igualmente de manera positiva sobre la firmeza del gel láctico determinada por penetrometría.

#### 4.2 Influencia de la composición de la leche de cabra sobre el rendimiento quesero.

El rendimiento quesero de la leche de cabra, al igual que el de la leche de vaca, es función de la concentración de la leche proteínas y en materias grasas, que representan cerca de 90 por ciento de la materia seca del queso (50). Sin embargo, el solo conocimiento de la concentración de proteínas de la leche de fabricación permite explicar hasta el 76 p. 100 de las variaciones de rendimiento en queso (51). Mocquot et al (52) observaron que cada gramo de proteínas presente en 1 Kg de leche, aporta un peso de queso muy superior a aquel que aporta un gramos de materia grasa. Se considera que un gramo de materia proteica fija, según las tecnologías, de 2.3 a 2.8 gramos de agua mientras que un gramo de materia grasa fija al máximo 0.2 gramos (53). Según Ricordeau y Mocquot (51), la leche de cabra presenta un proporción de materias nitrogenadas coagulables de 69 p. 100 contra 75 p. 100 para la leche de vaca, sea 2.6 a 3.0 g de proteínas coagulables menos por Kg de leche, por una

misma riqueza en materias grasas. Estos valores han sido confirmados por Portmann et al (50) y por Grappin et al (8) quienes encontraron respectivamente los valores de 69.5 p. 100 y de 70.9 p. 100. Estas particularidades explican, en parte, el comportamiento tecnológico muy particular de la leche de cabra y de la debilidad relativa de su rendimiento quesero (Figura1), pues éste está fuertemente ligado a la concentración de proteínas y estas son normalmente más elevadas al inicio y fin de la lactación y disminuye en el periodo intermedio.

En el caso de una transformación de la leche en queso, el esfuerzo de la selección genética de los animales productores se deberá orientar hacia las concentraciones de materia proteica (MP) y de materia grasa (MG), las cuales condicionan el rendimiento y la calidad del producto final. En efecto, la materia proteínica es el elemento de base de la fabricación de queso (54) y la leche de cabra es relativamente mal provista, puesto que la relación MG/MP es más elevada que la de la leche de vaca.

La composición de la leche juega un papel fundamental por explicar el comportamiento tecnológico particular en el proceso de fabricación quesera (55); sobre todo, aparece de más en más que la leche de cabra es bien diferente de la leche de vaca y no puede ser similar a ella como seguido se

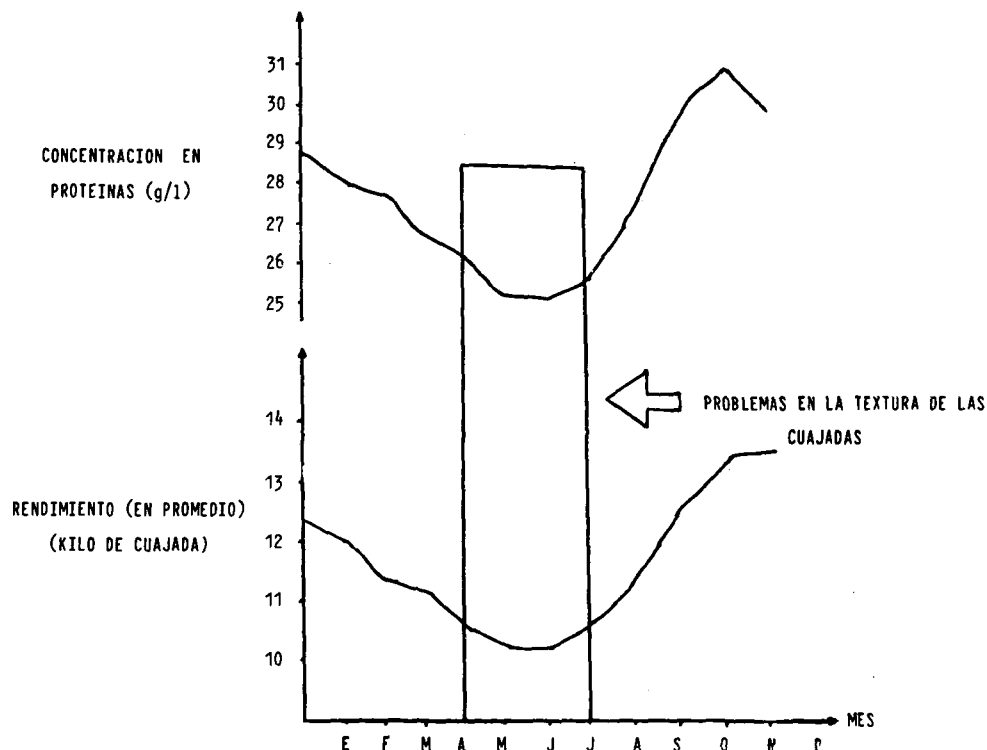


FIGURA 1

Evolución de la concentración en proteínas y del rendimiento quesero de la leche de cabra, en el transcurso del año (4)

ha hecho, en el pasado reciente. Por otro lado, sigue siendo interesante de continuar comparándola a la leche de vaca, pues es la leche de referencia en estudios sobre este tema.

### AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la Sra. Ruth Yolanda López Pérez, quien con mucha paciencia y gentileza colaboró mecanografiando éste trabajo.

### REFERENCIAS

- Parkash, S & R. Jenness. The composition and characteristics of goat's milk. A review Dairy Sci Abstr. 30:67-87, 1968.
- Jenness, R. Composition and characteristics of goat's milk: a Review 1968-1979. J Dairy Sci, 63: 1605-1630. 1980.
- Ramos, M & M, Juárez. The composition of ewe's and goat's milk. Bull. F.I.L. N° 140, 1981.
- Le Mens, P. Composition du lait, la situation actuelle. La chèvre, 153: 14-21, 1986.
- Fatoux, A. Composition du lait de chèvre. La chèvre, 52: 1-4, 1968.
- Le Jaouen, JC. Caracteristiques et composition du lait de chèvre considere du point de vue zootechnique et de son utilisation. Monografía- Seminario Nacional de Ovinos y Caprinos - Maracaibo 30 de Nov. 2 Dic. , 1972.
- Fatoux, A. La composition du lait de chèvre: La chèvre, 77: 16-22, 1973.
- Grappin, RR. Jeunet, R Pillet & A Toquin. Etude des laits de chèvre: Teneur du lait de chèvre en matiere grasse azotee et fractions azotées. Le Lait, 61: 117-133, 1981.
- Bredehaug, J & RK Abrahamsen. Chemical composition of milk from a herd of Nor wegian goat's. J Dairy Res, 46: 365-367, 1986.
- Morand-Fehr, P, G Blanchart, P Le Jaouen & P Bas. Données récents sur la composition du lait de chèvre. 11 èmes, 1986.
- Le Jaouen, JC. Composition du lait. De nombreux facteurs . La chèvre, 153: 10-13, 1986.
- Mietton, B. Composition du lait de chèvre et aptitudes fromageres. Incidence de l'alimentation. Revue des Enil, 109: 29-58, 1986.
- Remeuf, F & Lenoir, J. Caracteristiques physico-chimiques de laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la prèsure. Revue Laitiere Francaise, 446: 32-40, 1985.
- Verdalet-Guzmán, I. Contribution à l'étude des aptitudes fromagères du lait de chèvre. Influence du polimorphisme génétique de la caseína  $\alpha$ S1. Correction technologique des lait de variants déficients. Tesis de Doctorado en Ciencias, Universidad de Caen, Francia, 1989.
- Mac Gillivray, RTA, K. Barnes. The amino acid sequence of goat's  $\alpha$ -lactalbumin. Archives of Biochemistry and Biophysics, 197: 404-414, 1979.
- Khatoun, JA. & VK. Joshi. Physico-chemical characteristics of the proteose-peptone fraction from goat milk. II. Amino acid composition, hexose and hexoamine contents. Milchwissenschaft, 42: 280-281, 1987.
- Le Jaouen, JC. La fabrication du fromage de chèvre fermier. Ed. I.T.O.V.I.C., 1982. p. 15-24.
- Kuzdzal-Savoie, S & W Kizdzal. La recherche du lait de vache ajouté au lait de chèvre. Application au cas du fromage Ann. Technol. Agric., 8: 131-144, 1959.
- Grandpierre, C, J Ghisolfi & J P Thouvenot. Etude biochimique du lait de chèvre. Can. Nutr. Dièt., 23: 367-374, 1978.
- Brule, G. Les mineraux. En: Le Lait, matiere premiere de la industria laitière. CEPIL-INRA, Paris, 1987, p. 87-98.
- Mahieu, H, JC Le Jaouen, FM Luquet & L Mouillet. Etude comparative de la composition et de la contamination des laits des espèces bovines, ovines et caprines. Le Lait, 565: 287-300, 1977.
- Richardson, BC, LK, Creamer, KN Pearse & R.E. Munford. Comparative micelle structure. II Structure and composition of casein micelles in ovine and caprine milk as compared with those in bovine milk. J. Dairy Res., 41: 239-247, 1974.
- Boulanger, A. Etude biochimique et gènetique des proteines du lait de chèvre (Capra Hircus). Tesis Doctor 3er. ciclo, Paris VII, 1976.
- Remeuf, F. Contribution à l'étude des aptitudes fromagères du lait de chèvre. Tesis Doctor-Ingeniero, INA-PG, Paris, 1988.
- Storry, JE, AS Grandison, D Millard, AJ Owen & GD Ford. Chemical composition and coagulation properties of renneted milks from different breeds and species of ruminants. J Dairy Sci, 50: 215-229, 1983.
- Boulanger, A, F Grosclaude & MF Mahe. Polymorphisme des caseines  $\alpha$ S1 et  $\alpha$ S2 de la chèvre (Capra Hircus). Genet Sèl Evol, 16: 157-176, 1984.
- Ciafarone, N & F Addeco. Composition de la caseine et propriétés du lait de chèvre. II Vergaro, 11: 17-24, 1984.
- Ambrosoli, R., L Di Stasio & P Mazzocco. Content of  $\alpha$ S1 - casein and coagulation properties in goat milk. J Dairy Sci, 71: 24-28, 1988.
- Niki, R & S Arima. Effects of size of casein micelle on firmness of rennet curd. Japanese J Zootech Sci 55: 409-415, 1984.
- Ford GD & AS Grandison. Effect of size of casein micelles on coagulation properties of skim milk. J. Dairy Res. , 53: 129-133, 1986.
- Dalgleish, DG, J Brinkhuis & TA Payens. The coagulation of differently sized casein micelles by rennet. Eur. J Biochem, 119: 257-261, 1981.
- Kosikowski, FV & G Mocquot. Progrè de la technologie du fromage Ed F.A.O., Rome, 1958.
- Ekstrand, B, M Larsson-Raznikiewinc & C Perlman. Casein micelle size and composition related to the enzymatic coagulation process. Biochim Biophys Acta, 630: 361-366, 1980.
- Nielsen. WE, G Berntsen, S Hansen BB Larsen & D Edelsten. Rennet coagulation of casein micelles of different size. XXI International Dairy Congr. 1:257-258, 1982.
- Ono, T & LK. Creamar. Structure of goat casein micelles. New Zealand J Dairy Sci and Tech. 21: 57-64, 1986.

36. O'Connor, P & PF Fox. The proteins and salts of some non-bovine milks. *J. Dairy Res.*, 44: 6507-609, 1977.
37. Dunand, C. La coagulation du lait de chèvre: quelles particularités?. *Reveu des Enil*, 119: 10-11, 1987.
38. Stenne, P. La fromagerie en continu. *Le Lait*, 45: 143-151, 1965.
39. Cossin, V. Contribution à l'étude des aptitudes fromagères du lait de vache. Tesis Doctor-Ingeniero, INA-PG, Paris, 1988.
40. Ramet, PP & F Weber. Contribution à l'étude de l'influence des facteurs de milieu sur la coagulation enzymatique du lait reconstitué. *Le Lait*, 60: 1-13, 1980.
41. Ramet, JP & J Hardy. La coagulation du lait. *Le Technicien du lait*, décembre: 7-16, 1972.
42. Veisseyre, R. Technologie du lait. Ed. La Maison Rustique, Paris, 1975.
43. Weber, F. Etude de l'égouttage des coagulums de lait et composition des lactosérums. Tesis Docteur és Sciences, Universidad de Caen, Francia, 1976.
44. Lenoir, J, G Lamberet, JL Schmidt & C Tourneur. La maîtrise du bioréacteur fromage. *Biofutur*, 41: 23-50, 1985.
45. Alais, C Science du lait. Ed. SEP, Paris, 1984.
46. Lablee, J. Les erreurs de technique de coagulation et d'égouttage. En: *Le Fromage*, Eck, A, Ed. Lavoisier, Tec Doc Paris, 1987, p. 193-205.
47. Kalab, M & VR Harwalkar. Milk gel structure. 1. Application of scanning electron. Microscopy to milk and other food gels. *J Dairy Sci*, 56: 835-842, 1973.
48. Brule, G & J Leoir. La coagulation du lait. En: *Le Fromage*, Eck, A, Ed. Lavoisier, Tec Doc Paris, 1987, p. 1-21.
49. Ghanem-Lakhal, M. Contribution à l'étude de l'aptitude du lait de chèvre à la fabrication de laits fermentés. Tesis Doctor Ingeniero, Universidad de Caen, Francia, 1987.
50. Portmann, A., A Pierre & P Vedrenne. Relation entre teneur en matière grasse et azotée du lait de chèvre et rendement en fromage. *Revue Laitière Française*, 251: 97-101, 1986.
51. Ricordeau, G & G Mocquot. Influence des variations saisonnières de la composition du lait de chèvre sur le rendement en fromage. Conséquence pratique pour la sélection. *Ann Zootech*, 16: 165-181, 1967.
52. Mocquot, G, E Blanc-Patin, M Saincliver, P Rousseau & R Jeunet. Relation entre la teneur du lait en matière azotée et le poids de fromage obtenu. *Ind. Laitière*, 203: 269-276, 1963.
53. Mietton, B. Les redements en fromagerie. Eléments de méthodologie pour une meilleure détermination et utilisation des données. *Revue des Enil*, 104: 6-16, 1986.
54. Verdalet-Guzmán, I. Los rendimientos queseros de la leche. *La Ciencia y el Hombre* (enviado para su publicación).
55. Verdalet-Guzmán, I. Las aptitudes queseras de la leche. *La Ciencia y el Hombre*, 4: 97-105, 1989.

## Características físicas, tecnológicas y proteínicas de frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestres y cultivados

Gricelda Vázquez Carrillo <sup>1</sup> y Francisco Cárdenas Ramos <sup>2</sup>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP)  
Chapingo, México

**RESUMEN.** El objetivo principal de este trabajo fue el de observar y comparar algunas características físicas, tecnológicas y proteínicas de cuatro cultivares de frijol desarrollados en México, semillas de ocho accesiones silvestres de frijol colectados en México y semillas de cuatro accesiones silvestres colectadas en América del Sur, todas ellas pertenecen a la especie *Phaseolus vulgaris*. El tamaño de la semilla en los materiales Sudamericanos fue muy similar ( $X=10.4$  g/100 semillas), sin embargo, el porcentaje de absorción de agua fue variable (36.0 - 64.0 %), los porcentajes de testa y de sólidos de las aguas de cocción fueron estadísticamente iguales, el rango del contenido de proteína vario de 23.8 a 27.2% (b.s.). En los frijoles silvestres mexicanos se encontraron las semillas mas pequeñas (2.8 g/100 semillas) y también en los que el porcentaje de absorción de agua fue muy pequeño, estas dos variables se encuentran correlacionadas ( $r = 0.83^{**}$ ); tienen la mayor cantidad de testa y la cantidad de sólidos liberados durante la cocción fue pequeña. El rango del contenido de proteína fue de 21.3 a 24.6% (b.s.). El contenido de lisina fue bajo ( $X = 0.98\%$ ). El material cultivado tuvo las mejores características físicas y tecnológicas, pero el porcentaje promedio de proteína del grupo ( $X = 22.3\%$ ) fue el mas bajo, los contenidos de lisina y triptófano fueron de 1.14 y 0.36%, respectivamente. El coeficiente de regresión lineal entre el tiempo de cocción y el porcentaje de semillas cocidas fue diferente entre los miembros de cada grupo. Después de 200 minutos, en el material Sudamericano, solamente el 85% de las semillas se había cocido, en tanto que en la accesión silvestre mexicana 153 solamente se cocieron 40%; las accesiones 147, 148, 153 y 175 forman un grupo que es irregular y necesitan un tiempo largo para cocerse; las accesiones 631, 882, 900 y 939, al igual que los cultivados Bayomex y Negro Puebla necesitaron de 140 minutos para estar 100% cocidos. Jamapa necesitó solamente 100 minutos para estar 100% cocidos.

**SUMMARY.** Physical, technological and proteinic characteristics of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris* L.) The main purpose of this work was to observe and compare some physical, technological and proteinic characteristics of four bean seed cultivars developed in Mexico, eight wild bean seed accessions collected in Mexico and four wild bean seed accessions collected in South America. All of them belong to the species *Phaseolus vulgaris* L. In the South American materials the seed size was very similar ( $x = 10.4$  g/100 seeds). Nevertheless the water absorption was variable 36-64%, the percentages of seed coat and solids were statistically alike, the protein content range varied from 23.8 to 27.2% d.b. In the Mexican wild beans were found the smallest seeds (2.8 g/100 seeds) and those in which the water absorption percentage was very small. These two variables were correlated ( $r = 0.83^{**}$ ); they have the biggest amount of seed coat and during cooking lose a small quantity of solids. The protein content range was 21.3 - 24.6%. The lysine quantity was low. The cultivated material had the best physical and technological characteristics, but the average protein content of the group ( $X = 22.3\%$ ) was the lowest, the lysine and tryptophan amounts were 1.14 and 0.36%, respectively. The linear regression coefficient between cooking time and the percentage of cooked seeds was different in the members of each group. After 200 minutes only 85% of the South American accessions were cooked, whereas in the wild Mexican accession 153 only 40% was cooked; accessions 147, 148, 153 and 175 represented a group with long and irregular cooking time; accessions 631, 882, 900 and 939, likewise the cultivated materials Bayomex and Negro Puebla were 100% cooked in 140 minutes. Jamapa needed only 100 minutes in order to be completely cooked.

### INTRODUCCION

La especie *Phaseolus vulgaris* L. a nivel silvestre se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de la Sierra Madre Occidental de México en una franja de transición ecológica situada entre los 500 y 1800 m de altura. La mayor abundancia de las colectas silvestres se encuentra a

<sup>1</sup> Investigador del Laboratorio de Tecnología de Alimentos. INIFAP.

<sup>2</sup> Líder de la Red de Recursos Genéticos INIFAP Apdo. Postal No. 10, 56230 Chapingo, Mex.

una altura próxima a los 1.200 msnm. En el Noreste de México, en Ocampo Tamaulipas y en el Valle de Tehuacán, Pue., se han encontrado restos arqueológicos de semillas cuya antigüedad se calcula en, 6.000-7.000 años A.C. (1) En la Cueva Guitarrero del Departamento de Ancash, en la parte CentroNorte de Peru se han encontrado restos arqueológicos de 8.000-10.000 años de antigüedad. Algunos autores basados en lo anterior sugieren que el frijol común pudo haber sido domesticado en cuando menos dos sitios (2)

Estudios; sobre especies silvestres de *Phaseolus* han demostrado que algunos tienen características de valor que bien podrían utilizarse en los programas de mejoramiento genético. Entre ellas destacan la resistencia a pudrición radical, mosaicos, nematodos y resistencia a insectos (3). Así como su buen contenido de proteína ( $X = 24.6\%$ ) y triptófano ( $X = 0.232\%$ ) (4).

Intervinieron en la evolución de esta especie muchos factores, los cuales han hecho que la diversidad genética se haya aumentado bajo domesticación. La características que han aumentado han sido: La diversidad del hábito de crecimiento; el tamaño de las hojas de los frutos y de las semillas y la diversidad de color de testa de estas (5).

Las características; que se han reducido han sido el ciclo vegetativo el número de ramas por planta y nudos por inflorescencia, el grado de dehiscencia de la vaina, el grado de latencia de la semilla, lo fibroso de la vaina, el periodo de cocción, la habilidad de competir con malezas y el grado de resistencia a los insectos (6).

La importancia del estudio de las plantas silvestres con respecto a las cultivadas actualmente, radica en que el mejor conocimiento de las silvestres puede dar un mejor entendimiento de las características potenciales, así como las limitaciones de los materiales cultivados. Las áreas de estudio incluyen muchas disciplinas. En el aspecto de características físicas, químicas, de procesamiento y de preferencia (calidad del grano) es mucho lo que falta por hacer.

En el frijol el gran número de tipos, colores y tamaños que se conocen tanto en silvestres como domesticados, acrecienta la dificultad de proponer metodologías fáciles de realizar, completamente indicativas de características de aceptabilidad y que llenen los requerimientos de consumidores e industriales, no obstante, en el INIFAP, se procura que las nuevas variedades conlleven todas estas características.

En base a lo anterior el objetivo de este trabajo fue: determinar y comparar las características físicas, tecnológicas y proteínicas de las semillas de frijoles silvestres y cultivados.

## MATERIALES Y METODOS

Dieciséis accesiones de *Phaseolus vulgaris* L.

cosechadas en el verano de 1989, en Chapingo, México por personal del CENID-RECURSOS GENETICOS DEL INIFAP. Se almacenaron durante 2 meses en bolsas de tela de algodón en un cuarto a condiciones: ambientales ( $\pm 20^\circ\text{C}$  y 45% humedad relativa) y posteriormente analizadas en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la misma institución. Cuatro de las muestras son originarias de Sudamérica y han sido identificadas como materiales silvestres. Ocho accesiones originarias de México e identificadas en el Banco de germoplasma como silvestres, finalmente cuatro variedades cultivadas (domesticadas) obtenidas por investigadores del INIFAP: Bayomex es una variedad unilineal seleccionada entre las segregantes de un cruzamiento. Jamapa es una variedad multilineal que se adapta desde el nivel del mar hasta los 2,200 msnm. Negro Puebla es una variedad unilineal seleccionada dentro de una colecta hecha en el estado de Puebla. X-16441 es una colecta que se obtuvo en Tlaxcala.

**Largo, ancho y espesor del grano.** Se tomaron al azar 10 semillas y se les midió con un vernier el largo, ancho y espesor. El promedio se expresa en centímetros .

**Volumen de semilla.** Se obtuvo mediante el desplazamiento de volumen (ml) de una muestra de 100 granos enteros sumergidos en agua destilada. El peso promedio de 100 semillas de frijol se expresa en gramos.

**Densidad (D).** Este valor fue calculado dividiendo el peso de 100 semillas (P) entre su volumen (V)

$$D = \frac{P}{V}$$

**Absorción de agua.** Se expresa en porcentaje y se refiere a la cantidad de agua (g) absorbida por el frijol durante 48 horas para los silvestres y 8 horas para los cultivados. Se utilizaron 25 granos de frijol con 75 ml de agua destilada a temperatura ambiente ( $20^\circ\text{C}$ ). El calculo se hizo utilizando la siguiente ecuación (7).

$$\% \text{ Absorción} = \frac{(\text{Peso mtra. remojada}) - (\text{Peso mtra. seca}) \times 100}{\text{Peso mtra. seca}}$$

Para la evaluación del espesor de la testa se usaron los frijoles remojados de la prueba anterior. Manualmente se separó la testa, las fracciones de mayor tamaño se extendieron entre dos micas con pequeñas perforaciones que permitían el paso del aire. Una vez secas se apilaron cinco fragmentos uno sobre el otro, se midieron con un calibrador Palmmer, graduado en centésimas de milímetro, El valor obtenido se dividía entre cinco.

**Porcentaje de testa.** Se evaluó siguiendo la metodología descrita por Elías et al.(7). Y es el peso de la testa seca de 25 granos, relacionado con el peso de cotiledones mas cáscara seca. Veinticinco granos se remojaron en 50 ml de agua destilada a temperatura ambiente (más o menos  $20^\circ\text{C}$ ) durante toda la noche (18-20 horas) después se separaron manualmente la testa y los cotiledones de cada grano. Se

colocaron por separado en un horno con vacío calibrado a 60°C y 25 mm Hg durante 4 horas. Se enfriaron en un desecador y se pesaron.

$$\% \text{ testa} = \frac{\text{Peso de testa seca}}{\text{Peso de los cotiledones} + \text{testa}} \times 100$$

**Tiempo de cocción.** Se cuantificó siguiendo el método de evaluación sensorial descrito por Elías et al.,(7). En una parrilla para fibra cruda, provista del sistema de enfriamiento y los capuchones donde se condensa el vapor, se colocaron vasos de precipitados de 600 ml, que contenían 200 ml de agua destilada. Cuando empezó a ebullición se le agregaron 100 g de frijoles. Veinte minutos después de iniciada la ebullición se destapó el vaso y se sacaron los primeros 10 granos oprimiendo cada uno de ellos entre los dedos índice y pulgar. Los muestreos continuaron cada 20, hasta 200 minutos. Conforme la ebullición avanza, la textura de los cotiledones cambia de una sensación granular áspera a una granular suave. Cuando los 20 granos están completamente suaves se tiene el tiempo de cocción. En algunos casos no se logra el 100 de semillas cocidas.

**Espesor de caldo de cocción.** Se evaluó siguiendo el método descrito por Elías et al.,(7). En cápsulas a peso constante ( $W_1$ ) se pusieron porciones de más o menos 3.0 g de las aguas de cocción del frijol ( $W_2$ ) se secaron en un horno calibrado a 60°C y con vacío equivalente a 25 mm de Hg, durante 16 horas. Una vez evaporada el agua se enfriaron en un desecador y se pesaron ( $W_3$ ). El porcentaje de sólidos se calculó utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ de sólidos} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

**Contenido de proteína.** Se cuantificó con el método automatizado de Technicon No. 321-74 descrito por Larry y Charles (8). El principio de la reacción se da entre el fenol y el amonio en presencia de nitroprusiato de sodio que actúa como catalizador y el oxidante hipoclorito de sodio. Se expresa en base seca.

La lisina se evaluó con el método colorimétrico de Tsai modificado por Villegas et al., (9). El triptófano se cuantificó siguiendo el método de Opienska-Blauth et al modificado por Hernández y Bates, citado por Villegas, et al (9). Ambos aminoácidos se informan como g de aa/100 de muestra y a base seca.

**Análisis estadístico.** Las evaluaciones antes descritas se hicieron con dos repeticiones bajo un diseño estadístico completamente al azar. En las variables con diferencias estadísticamente significativas se efectuó la prueba de Tukey.

Para la variable tiempo de cocción se utilizó la técnica de regresión lineal para ajustar a un modelo lineal a cada una de las muestras de frijol. Posteriormente se aplicó la prueba de paralelismo a los modelos de regresión obtenidos para determinar que muestras tienen un comportamiento

similar, de acuerdo a la metodología propuesta por Afifi y Clark, (10)

## RESULTADOS

Los parámetros de largo, ancho y espesor del grano mostraron diferencias significativas entre variedades (Tabla 1) estando altamente correlacionados entre si (Tabla 2).

El peso y volumen de 100 semillas, indican que los frijoles cultivados son los de mayor tamaño mientras que los silvestres mexicanos son los más pequeños.

En la densidad no se encontró diferencia significativa entre accesiones pero se correlacionó negativamente con características físicas y triptofano (Tabla 3). Los frijoles más densos fueron los silvestres.

En absorción de agua, de acuerdo a la prueba de Tukey, se encontraron diferencias significativas entre variedades. Los frijoles silvestres mexicanos fueron los que menos agua absorbieron. Destacan las colectas 900 y 939, donde la penetración de agua fue reducida. Su opuesto fueron los materiales cultivados, (Tabla 4).

En los parámetros de espesor y porcentaje de testa se encontraron diferencias significativas entre accesiones y una baja correlación entre ellos ( $r=0.10$ ). En espesor de testa se observó una baja variabilidad ( $CV = 9.0\%$ ). El grupo de las silvestres mexicanas fue el más heterogéneo en esta variable.

En el porcentaje de testa, los mayores valores fueron para los, frijoles silvestres mexicanos. En los sudamericanos no se observaron diferencias (Tabla 4).

En los cultivados la proporción de testa en relación al total del grano fue el más bajo. Se correlacionó significativamente con el resto de las variables (Tabla 3).

La evaluación del espesor de caldo de cocción, expresado como porcentaje de sólidos mostró diferencias significativas entre accesiones, indicando la prueba Tukey que el grupo más homogéneo en este factor, es el de silvestres sudamericanos y el más heterogéneo el de los cultivados ( $CV = 52.0\%$ ). La accesión 939 fue la que menos sólidos desprendió durante la cocción, mientras que la variedad "Bayomex" proporcionó el caldo de cocción de mayor espesor (Tabla 4).

El análisis de varianza del tiempo de cocción, mostró diferencias significativas entre variedades y entre grupos. En la Figura 1, se observa que los frijoles sudamericanos a los 200 min de cocción (3 horas con 20 minutos) solamente la accesión 620 logró el 100% de semillas cocidas. De acuerdo con Afifi y Clark (10), las ecuaciones lineales indican que es un grupo muy heterogéneo en su comportamiento durante la cocción. Al graficar la media de este grupo (Fig. 2), se tiene una parábola donde a los 200 min de cocción solo el 85.0% de los frijoles se había suavizado.

TABLA 1  
CARACTERISTICAS FISICAS DE SEMILLAS DE FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS L.)  
SILVESTRES Y CULTIVADAS

Nº Accesiones	Grupo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	100 Semillas		
					Peso (g)	Volumen (ml)	Densidad g/ml
617	Silvestres	0,825 cd	0,530 b	0,285 c	10,4 e	8,0 d	1,30
716	Sudamericanos	0,830 cd	0,520 b	0,295 c	10,1 e	8,0 d	1,26
762		0,780 cd	0,515 b	0,270 d	10,8 e	8,5 d	1,27
620		0,775 de	0,515 b	0,285 c	10,2 e	7,5 f	1,36
	$\bar{X}$	0,803	0,520	0,284	10,38	8,0	1,30
	S	0,029	0,007	0,010	0,31	0,41	0,05
	CV	3,6 %	1,4 %	3,6 %	3,0%	5,1%	3,5%
882	Silvestres	0,715 de	0,460 b	0,255 d	7,3 f	5,0 g	1,46
153	Mexicanos	0,620 de	0,425 b	0,230 d	1,6 f	4,0 h	1,40
631		0,555 de	0,360 b	0,250 d	5,4 f	4,0 h	1,35
900		0,590 de	0,405 b	0,24s d	5,4 f	4,5 h	1,20
939		0,525 de	0,405 b	0,240 d	3,5 f	3,0 i	1,17
148		0,505 de	0,395 b	0,24s d	3,6 f	2,9 i	1,24
147		0,470 e	0,385 b	0,210 d	3,5 f	3,0 i	1,17
175		0,525 de	0,380 b	0,190 d	2,8 g	2,5 j	1,12
	$\bar{X}$	0,563	0,402	0,233	4,64	3,61	1,26
	S	0,078	0,030	0,022	1,52	0,89	0,12
	CV	13,8 %	7,6 %	9,6 %	32,8%	24,60%	9,8%
Bayomex	Cultivados	1,265 a	0,900 a	0,645 a	52,5 a	41,5 a	1,27
X-16441	Mexicanos	1,450 a	0,900 a	0,515 ab	44,4 b	41,0 a	1,08
Negro Puebla		1,195 ab	0,615 ab	0,550 bc	39,0 c	28,0 b	1,39
Jamapa		0,940 bc	0,665 ab	0,400 c	19,3 d	15,5 c	1,25
	$\bar{X}$	1,213	0,770	0,528	38,8	31,5	1,25
	S	0,211	0,151	0,101	14,13	12,36	0,13
	CV	17,4 %	19,7 %	19,2 %	36,4%	39,2%	10,2%

Medias con igual letra, no hay diferencia significativa con  $\alpha = 0,05$

TABLA 2  
CORRELACIONES ENTRE CARACTERISTICAS FISICAS DE SEMILLAS  
DE FRIJOL SILVESTRES Y CULTIVADOS

	Largo	Ancho	Espesor	100 semillas		
				Vol.	Peso	Densidad
Largo	1,00	0,89**	0,82**	0,90**	0,91**	-0,58**
Ancho		1,00	0,85**	0,89**	0,89**	-0,59**
Espesor			1,00	0,92**	0,93**	-0,61**
Vol. 100 s.				1,00	0,99**	-0,61**
Peso 100 s.					1,00	-0,62**
Densidad						1,00

TABLA 3  
CORRELACION ENTRE CARACTERISTICAS FISICAS, TECNOLOGICAS Y PROTEINICAS  
DE FRIJOLES SILVESTRES Y CULTIVADOS

	100 Semillas			Absorción	Porciento	Tiempo		Lisina	Triptofano	
	Vol. (ml)	Peso (g)	Densidad (g/ml)	de agua %	Testa	Sólidos*	de cocción (min)			Proteína %
Vol. 100 s	1,00	0,99**	-0,48**	0,81**	-0,89**	0,97**	-0,42*	-0,39*	0,34	0,86**
Peso 100 s		1,00	-0,48**	0,83**	-0,92**	0,96**	-0,43*	-0,38*	0,32	0,87**
Densidad			1,00	-0,52**	0,48**	-0,47**	0,13	0,29	0,04	-0,43*
Abs. agua (%)				1,00	-0,86**	0,79**	-0,38*	-0,37*	0,73*	0,75**
% testa					1,00	0,85**	0,37*	0,18	-0,32	0,86**
% sólidos						1,00	-0,42*	0,42*	0,44*	0,80**
Min. cocción							1,00	0,42*	-0,19	-0,33
Proteína								1,00	0,03	-0,36
Lisina									1,00	0,43*
Triptofano %										1,00

\* En caldo de cocción.

En los silvestres mexicanos la colecta 153, a los 200 min de cocción, únicamente el 40% de semillas se habría suavizado. Este fue el frijol que mas resistencia mostró a la cocción (Fig. 1). En las comparaciones de las ecuaciones de regresión se observa que las colectas 147, 148, 153 y 175 constituyen un grupo donde todos siguen una conducta estadísticamente diferente, mientras que las cuatro restantes a los 140 min de cocción, todas las semillas estaban cocidas. No se encontró significancia, al efectuar pruebas combinadas entre silvestres sudamericanos y mexicanos, se observa que su respuesta durante la cocción es diferente (Fig. 2).

En los cultivados, a los primeros muestreos se registraron semillas cocidas, siendo la variedad Jamapa la que mas rápido se suaviza. La prueba demostró diferencia estadística entre estos frijoles. No obstante Bayomex y Negro Puebla tienen patrones de cocción semejantes, lo mismo que X-16441 y Jamapa.

En las variables de proteína, lisina y triptofano, se encontraron diferencias significativas entre accesiones (Tabla 5). Los frijoles sudamericanos fueron los de mayor contenido de proteína y de lisina.

En lisina y triptófano los frijoles silvestres mexicanos mostraron la mayor variabilidad, siendo las accesiones 153 y 147 las de mas lisina y triptófano de este grupo (Tabla 5). Los valores mas altos para triptofano fueron para los frijoles cultivados, destacando la variedad Bayomex.

## DISCUSION

En el grupo de silvestres mexicanos se encuentran los frijoles mas pequeños (accesión 175), siendo los cultivados los de mayor tamaño y volumen, lo cual manifiesta el grado de domesticación de esta leguminosa.

La alta correlación entre volumen de semilla y absorción de agua ( $r = 0,83^{**}$ ) sugiere que en los frijoles menos evolucionados es más difícil la penetración de agua.

La baja variabilidad en el espesor de la testa, pudiera deberse a que esta estructura es la que menos se ha modificado a través de la domesticación; en cambio el porcentaje de testa, se ha reducido significativamente, en relación al volumen y peso de 100 semillas. Los materiales silvestres fueron los que menos sólidos desprendieron durante la cocción. El grupo de los cultivados fue muy heterogéneo en esta variable, según la clasificación de Elías, et al., (7) la variedad Bayomex es la única con un espesor de caldo intermedio, el resto cae en la clasificación de caldo ralo (menos de 9.0% de sólidos).

Los frijoles sudamericanos presentaron ecuaciones lineales de tiempos de cocción diferentes entre sí y con respecto al resto de las accesiones. No obstante los porcentajes de granos suavizados, a los 200 min de ebullición fueron altos ( $X = 85.0\%$ ).

En función del comportamiento durante la cocción de los frijoles silvestres mexicanos, se encontró que las accesiones 147, 148, 153 y 175 integran un subgrupo muy

TABLA 4  
CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DE SEMILLA DE FRIJOLES SILVESTRES Y CULTIVADOS

Nº Accesiones	Grupo	Absorción de agua %	Testa		Espesor del caldo de cocción (%de sólidos)
			Espesor (mm)	%	
617	Silvestres	63,95 c	0,113 a	29,65 d	1,21 d
620	Sudamericanos	43,10 e	0,100 d	30,05 d	1,22 d
716		53,90 d	0,105 bed	29,65 d	1,01 d
762		36,00 f	0,104 be	29,45 d	1,16 d
	$\bar{X}$	49,24	0,106	29,70	1,15
	S	12,26	0,005	0,25	0,10
	CV	24,9%	4,7 %	0,8%	8,4%
153	Silvestres	12,05 h	0,114 a	38,00 b	0,67 e
175	Mexicanos	44,90 e	0,093 d	42,65 a	0,43 f
148		43,00 e	0,109 a	41,70 a	0,51 f
147		43,50 e	0,114 a	42,10 a	0,38 f
900		10,50 h	0,128 a	38,55 b	0,51 f
939		10,50 h	0,126 a	41,75 a	0,34 fg
631		40,05 e	0,098 a	38,40 b	0,56 ef
882		33,75 g	0,112	34,80 c	0,79 e
	$\bar{X}$	29,73	0,112	39,74	0,52
	S	15,85	0,012	2,74	0,15
	CV	53,3%	10,8 %	6,9%	28,8%
Bayomex	Cultivados	96,90 a	0,114 a	13,40 g	10,45 a
Negro Puebla	Mexicanos	90,90 ab	0,109 a	16,45 f	3,87 c
X-16441		94,80 ab	0,122 a	15,80 f	6,17 b
Jamapa		88,30 b	0,108 a	21,15 e	3,63 c
	$\bar{X}$	92,73	0,113	16,70	6,03
	S	3,86	0,006	3,24	3,16
	CV	4,2%	5,7 %	19,4%	52,4%

Medias con igual letra, no hay diferencia significativa con  $\alpha = 0,05$

heterogéneo, lo cual pudiera deberse a un estado puramente silvestre; mientras que 631, 882, 900 y 939 fueron materiales cuyas ecuaciones de cocción no mostraron diferencias entre sí además de haberse suavizado el 100% de sus semillas en el mismo tiempo (140 min) que las variedades cultivadas Bayomex y Negro Puebla, lo que hace suponer que este grupo pertenece a los frijoles conocidos como "Weedy types".

En los frijoles cultivados la variedad "Jamapa" fue la de semilla más pequeña y la que más rápido se cocinó, su opuesto fue la variedad Bayomex cuya semilla es bastante grande requiriendo de 140 min para su completo cocimiento.

El contenido de proteína de los frijoles mexicanos (silvestres y cultivados), fue más bajo que los sudamericanos; no obstante, están dentro de la media informada para frijoles cultivados (11)

Los porcentajes de lisina y triptofano obtenido fueron superiores a los informados por Bressani et al., (12) y Crispin (4)

La comparación entre materiales silvestres y cultivados pone de manifiesto que los trabajos de mejoramiento genético, además de acrecentar las características agronómicas de esta leguminosa, han tomado en cuenta los aspectos de procesamiento, gusto de consumidor, así como el seleccionar materiales con altos contenidos de los aminoácidos limitantes en cereales.

TABLA 5  
CONTENIDO DE PROTEINA, LISINA Y TRIPTOFANO EN FRIJOLES  
(*PHASEOLUS VULGARIS L.*) SILVESTRES Y CULTIVADOS

Nº. Accesiones	Grupo	Proteína <sup>1</sup> %	Lisina <sup>2</sup> %	Triptofano <sup>2</sup> %
762	Silvestres	27,15 a	1,10 bc	0,265 e
617	Sudamericanos	26,20 b	1,39 a	0,262 e
620		24,55 c	1,08 bc	0,233 f
716		23,80 e	1,18 bc	0,270 de
		$\bar{X}$ 25,43	1,19	0,258
		S 1,53	0,142	0,017
		CV 6,0 %	11,9 %	6,5 %
631	Silvestres	24,55 c	0,83 d	0,287 d
882	Mexicanos	24,25 c	0,96 cd	0,277 de
153		23,85 c	1,25 ab	0,330 c
900		23,80 c	0,87 b	0,261 e
147		23,50 d	1,25 ab	0,330 c
939		23,25 e	0,70 f	0,231 f
148		22,95 c	0,84 d	0,270 de
175		21,30 g	1,10 bc	0,261 le
		$\bar{X}$ 23,43	0,98	0,281
		S 1,00	0,21	0,034
		CV 4,3 %	20,9 %	12,2 %
X-16441	Cultivados	23,35 e	1,05 bc	0,378 a
Jamapa	Mexicanos	22,45 f	1,05 bc	0,326 bc
Negro Puebla		21,80 g	0,99 cd	0,353 b
Bayomex		21,55 g	1,45 a	0,397 a
		$\bar{X}$ 22,39	1,135	0,364
		S 0,80	0,212	0,031
		CV 3,6 %	18,7 %	8,5 %

Medias con igual letra, no hay diferencia significativa con  $\alpha = 0,05$

<sup>1</sup>B,S, N x 6,25

<sup>2</sup> g aa/100 g de muestra

### CONCLUSIONES

Silvestres sudamericanos. Incluye accesiones con características físicas y tecnológicas muy similares, pero que en su comportamiento durante la cocción son todas diferentes. Mostraron los mayores contenidos de proteína y lisina; no obstante, en triptofano fueron los más bajos.

Silvestres mexicanos. Las comparaciones entre modelos de regresión lineal mostró dos subgrupos: a) Los silvestres (147, 148, 153 y 175) que se caracterizan por un reducido tamaño del grano, así como una cocción prolongada e irregular; b) Las accesiones silvestres 631, 882, 900 y 939

tienen semillas de mayor tamaño y se cuecen en menor tiempo que las anteriores.

Los porcentajes de lisina y triptofano se encuentran, en ambos grupos, correlacionados (0.43).

Cultivados: La variedad Bayomex fue la de mayor tamaño de semilla, absorción de agua, cantidad de sólidos, tiempo de cocción, lisina y triptofano.

La variedad Jamapa fue la que requirió de menos tiempo de cocción (140 min).

Desde el punto de vista del mejoramiento del frijol y por lo que respecta al porcentaje de proteína, se podría

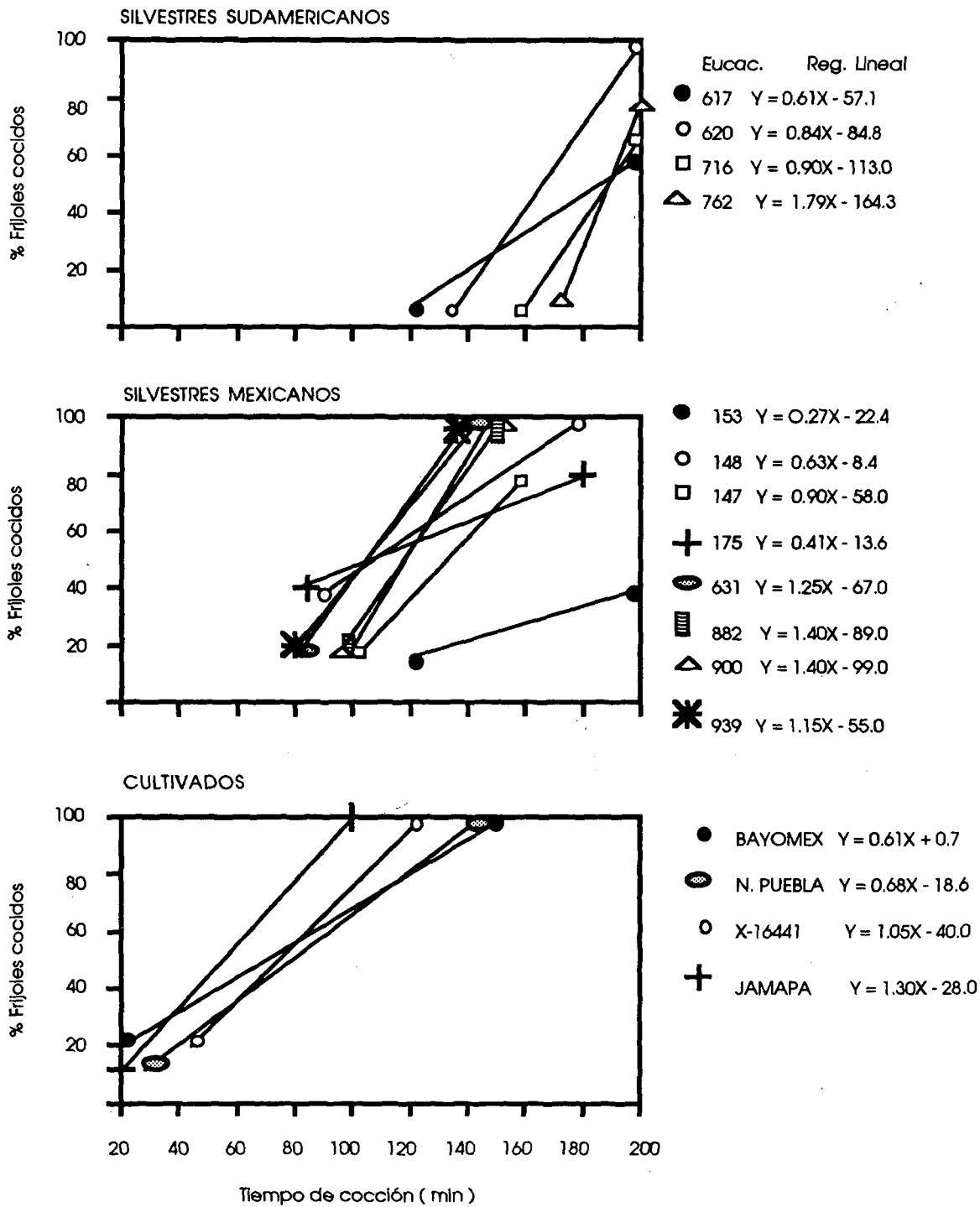


FIGURA 1  
Tiempo de cocción de frijoles silvestres y cultivados y sus ecuaciones de regresión lineal

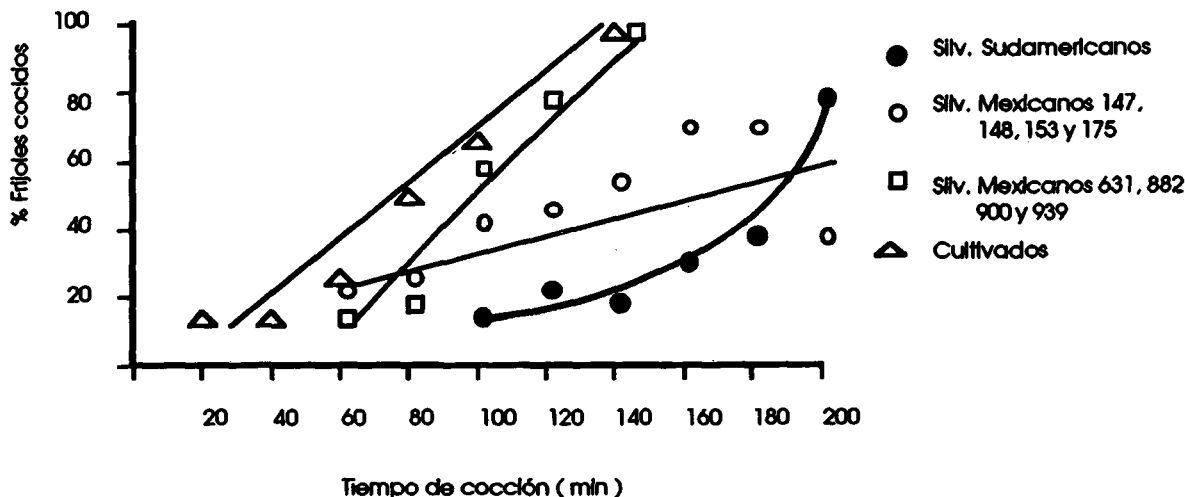


FIGURA 2  
Comportamiento de cocción de cuatro grupos de frijoles silvestres y cultivados

recomendar el uso de las accesiones Sudamericanas 762 y 617, no desconociendo las dificultades que existen al cruzar materiales silvestres con cultivados.

En relación a lisina y triptofano, Bayomex podría ser un buen progenitor para incrementar los contenidos de dichos aminoácidos.

#### REFERENCIAS

- Kaplan, L and L. N Kaplan Phaseolus in Archeology. In: Genetic Resources of Phaseolus Beans. P. Gept, ed.. Kluwer Academic Publishers. Boston, USA p. 125-147. 1988
- Debouck, DF. Problemática reciente de la domesticación del frijol. Conferencia presentada en Chapingo, México. 23 Nov. Inédito. 1987.
- Van Schoonhoven; C Cardona and J Valor. Resistance to the bean weevil and the Mexican bean weevil (Coleoptera: Bruchidae) in non cultivated common bean accessions J Eco Entomol 76 (6): 1255-1259. 1983.
- Crispín, MA. Comentarios: Leguminosas de grano frijol. Ponente Francisco Cárdenas R. Memoria del Tercer Congreso Nacional de Fitogenética (1er. Simposio SOMEFI) AA. CENEINEA. Chapingo, Méx. 361-369- 1968.
- Smarrt, J. Morphological, physiological and biochemical changes in Phaseolus Beans under domestication. In: Genetic Resources of Phaseolus Beans. P. Gept. ed Kluwer, Academic Publishers p. 143-161. 1988
- Miranda CS. Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. En: Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. E. M. Englemund, ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 83-89-1979
- Elías, LG; A. García-Soto y R. Bressani. Métodos para establecer calidad tecnológica y nutricional del frijol. *Phaseolus vulgaris* Inst. de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) Guatemala, C.A. 42 p. 1986.
- Lárry, LW and WG Charles. Total protein nitrogen measure automated techicon BD/AAII. Method presented at the 88 th. Annual Meeting of the Association of Official Analytical Chemists. 50 p. 1974.
- Villegas, EE., Ortega y R Bauer. Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de la proteína de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D.F. 32 p. 1985
- Afifi, AA y V Clark. Computer aided multivariate analysis. Chapter 7. In: Multiple Regression and correlation. A.A. Afifi, ed. Lifetime Learning Publications. A Division of Wadsworth Inc. p. 148-151. 1984
- Deshpande, SS and S Damodaran. Food legumes: Chemistry and Techonology. Chapter 3. In: Advances in Cereal Science and Technology Pomeranz, ed., Vol. X. St. Paul M N: USA. p. 147-302. 1990
- Bressani R., M Flores y LG Elías. Aceptabilidad y valor nutricional. Las plantas leguminosas de granos en la dieta humana. En: Las leguminosas de grano comestible y las necesidades proteinicas de los humanos. Sección 1. Guatemala, Guatemala, p. 30. 1968.

## Sección Vital - Vitamina A

### PRESENTACION

A partir del presente número ALAN incluirá esta sección cuyo propósito es divulgar información científica sobre investigaciones recientes y temas de importancia práctica en relación con la vitamina A. Esto ha sido posible mediante un convenio entre la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN), y el proyecto de Vitamina A (VITAL) del Instituto Internacional de Ciencia y Tecnología (ISTI) de Washington, D.C., EE.UU. El interés por la vitamina A se ha acentuado en la América Latina y el Caribe a partir de los resultados de investigaciones sobre las implicaciones funcionales de la deficiencia marginal o sub-clínica de alta prevalencia en varios países de la región. Esta sección incluirá información científica y técnica relacionada con la vitamina A, su deficiencia y las acciones para su prevención y control; revisiones de los resultados de investigaciones recientes sobre la deficiencia sub-clínica, sus implicaciones para la salud, sus características epidemiológicas, y su magnitud y trascendencia en la región; artículos originales y traducciones al castellano, con la debida autorización, de los artículos clásicos de investigación clínica, epidemiológica y operacional; desarrollo de nuevos métodos de diagnóstico individual y comunitario de la deficiencia marginal de vitamina A; efectividad potencial e impacto de acciones para la prevención y control de la hipovitaminosis A; iniciativas, programas, proyectos y actividades de vitamina A que se adelantan en la región o fuera de ella; y otra información de utilidad para nuestros lectores.

### INFORMACION GENERAL

#### *El proyecto de apoyo en Vitamina A (VITAL)*

El proyecto en vitamina A, VITAL, es un esfuerzo de la Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.) de los Estados Unidos que se inició en 1989 para apoyar las actividades de las misiones de A.I.D. con el fin de ampliar los programas para reducir la deficiencia de vitamina A. VITAL presta servicios a la A.I.D., las agencias voluntarias y los gobiernos e instituciones de los países en el diseño y ejecución de programas de intervención en materia de vitamina A.

VITAL proporciona asesoría técnica para investigaciones sobre prevalencia de la deficiencia de vitamina A, estudios de factibilidad, y diseño, seguimiento y evaluación de proyectos. Entre las intervenciones programáticas posibles figuran la suplementación con vitamina A a través de los servicios de salud o nutrición, la fortificación de alimentos, la educación nutricional y los huertos familiares o comunitarios. VITAL colabora en investigaciones operacionales sobre nuevos métodos para

mejorar la cobertura, eficacia y continuidad de las actividades tendientes a mejorar la nutrición de vitamina A con miras a evitar la ceguera y mejorar la supervivencia infantil. Mediante la recopilación y divulgación de información a través de múltiples canales, VITAL proporciona una base de recursos para el intercambio de información y capacitación en temas relacionados con los problemas y programas de vitamina A en el mundo. VITAL ha apoyado el diseño y ejecución de estudios diagnósticos sobre vitamina A en varios países de la región, y ha dado asistencia técnica para la planificación de intervenciones y programas para la prevención y control de la deficiencia de vitamina A, incluyendo programas de distribución de dosis altas de la vitamina, fortificación de alimentos, desarrollo y aplicación de tecnología para el secado de alimentos ricos en vitamina A de producción estacional, proyectos de huertos familiares y comunitarios, educación nutricional y comunicaciones, y algunas investigaciones operacionales sobre la forma más eficiente de ejecutar dichas intervenciones.

## Artículo de Revisión

# La vitamina A en el tratamiento del sarampión

*José O. Mora, M.D.*

Coordinador de VITAL para América Latina y el Caribe

### INTRODUCCION

El sarampión ha constituido una de las amenazas más serias para la supervivencia de la población infantil a través de los siglos. El problema sigue siendo grave en los países en vía de desarrollo, en los cuales continúan presentándose periódicamente epidemias de sarampión con alta mortalidad (Reynolds, et al, 1987). Aunque se dispone de una vacuna de alta eficacia y bajo costo, en muchos países la cobertura de inmunización todavía no ha alcanzado los niveles suficientes para prevenir epidemias periódicas.

A pesar del significativo progreso alcanzado en la última década a nivel mundial en la cobertura de vacunación, el sarampión causa actualmente entre uno y dos millones de muertes anuales en los países en desarrollo, debido a su alta incidencia y a la falta de un tratamiento específico efectivo para disminuir la letalidad y las secuelas de la enfermedad. En Septiembre de 1990, los gobiernos y las organizaciones internacionales se comprometieron a apoyar un esfuerzo coordinado para reducir la mortalidad por sarampión en un 95% para el final de la presente década.

En América Latina la cobertura de la inmunización contra el sarampión se ha incrementado significativamente en la última década. En 1989 y 1990, por ejemplo, se alcanzaron coberturas regionales de 66% y 77% entre la población infantil (PAHO/WHO, 1991). Sin embargo, el número anual de casos reportados de la enfermedad, aunque ha venido disminuyendo como consecuencia de la vacunación, ha oscilado en los últimos años entre 120.000 y 130.000. La cifra real debe ser mayor si se considera que

los sistemas de vigilancia y detección todavía no alcanzan cobertura universal. La tasa de letalidad continúa alrededor del 10% y anualmente ocurren en la región más de 12.000 muertes infantiles por sarampión.

### SARAMPION Y DEFICIENCIA DE VITAMINA A

La interacción entre la deficiencia de vitamina A y las enfermedades infecciosas se conoce desde hace mucho tiempo (Scrimshaw, et al, 1968). El sinergismo es particularmente notable en el caso del sarampión. Por un lado, la vitamina A es esencial para el mantenimiento de la estructura y función de los tejidos epiteliales que actúan como barreras para impedir la penetración de agentes infecciosos (Olson, 1972); así, la deficiencia de vitamina A produce modificaciones celulares y tisulares que alteran la integridad y disminuyen la función protectora de los epitelios respiratorio, gastrointestinales, conjuntival y corneal, además de que seguramente deteriora también la capacidad inmunitaria humoral y celular.

Por otra parte, el virus del sarampión tiene especial predilección por los tejidos epiteliales y, además, la enfermedad disminuye significativamente los niveles de retinol circulante (Varavithya et al, 1986). Por estos mecanismos, el sarampión incrementa las necesidades inmediatas de vitamina A y tiende a precipitar la aparición de signos clínicos de deficiencia en poblaciones con bajas reservas de la vitamina, los cuales a su vez se asocian con mayor riesgo de mortalidad por enfermedades infecciosas respiratorias y gastro-intestinales (Markowitz et al, 1989). Son bien conocidas las descripciones de epidemias de

xeroftalmía y ceguera asociadas con epidemias de sarampión (Innua et al, 1983; Reynolds, et al, 1987).

#### LA VITAMINA A EN EL TRATAMIENTO DEL SARAMPION

A pesar de que desde 1932 Ellison sugirió que la vitamina A podía ser una terapéutica efectiva en el tratamiento del sarampión, no fue sino hasta finales de la última década que se llevaron a cabo ensayos científicos controlados que han demostrado plenamente su eficacia terapéutica. A comienzos de la última década se demostró que la deficiencia de vitamina A, aún de carácter marginal o sub-clínico, se asocia con riesgo aumentado de morbilidad y mortalidad por enfermedades infecciosas respiratorias y gastrointestinales en el niño (Sommer et al, 1983, 1984). A partir de 1986 se encontró, así mismo, que la mortalidad en la niñez puede reducirse significativamente mediante el suministro periódico de vitamina A a los niños en comunidades con deficiencia de la vitamina (Sommer et al, 1986; Rahmathullah et al, 1990; West et al, 1991). El sorprendente hallazgo de que el impacto sobre la mortalidad no parece ocurrir a través de una reducción de la incidencia de morbilidad (Rahmathullah et al, 1991) sugeriría un efecto terapéutico directo de la vitamina A en la evolución y pronóstico de las enfermedades infecciosas.

Entre 1982 y 1983, Barclay y sus colaboradores (1987) estudiaron en el área rural de Tanzania un grupo 180 niños hospitalizados por sarampión, los cuales se asignaron secuencialmente a dos grupos de tratamiento: el primer grupo, de 92 niños, fue tratado con 200.000 U.I. de vitamina A al ingreso y 200.000 U.I. al día siguiente, además del tratamiento habitual del hospital; el segundo grupo, de 98 niños, recibió el tratamiento normal del hospital, sin vitamina A. Al ingreso, los dos grupos eran comparables en edad, severidad del sarampión, estado nutricional general y el nivel de retinol sérico. No se incluyeron en el estudio los niños que tenían signos de xeroftalmía, quienes recibieron medicación específica.

La mortalidad en el grupo tratado con vitamina A fue de 6/88 (7%) en comparación con 12/92 (13%) en el grupo control. Debido al reducido tamaño de la muestra, la diferencia no alcanzó significancia estadística. En ambos grupos la mortalidad fue varias veces mayor en los niños con desnutrición severa que en los mejor nutridos; pero en todas las categorías nutricionales la mortalidad fue más alta en el grupo que no recibió vitamina A. La frecuencia de complicaciones fue similar en los dos grupos; pero la mortalidad debida a dichas complicaciones fue más alta en el grupo control. La neumonía fue la complicación más frecuente. De los del grupo control que presentaron laringo-traqueo-bronquitis, 4 murieron (31%), en contraste con sólo un niño de los 8 que presentaron esta complicación en el grupo tratado con vitamina A.

En 1987, Hussey y Klein (1990) llevaron a cabo en sud-Africa un estudio clínico controlado doble ciego, con uso de placebo, en 189 niños menores de 13 años hospitalizados por sarampión con complicaciones. Ninguno de los niños estudiados tenía xeroftalmía. Los 189 niños se asignaron al azar a dos grupos de tratamiento: un grupo de 92 niños que recibió, además del tratamiento normal del hospital, 200.000 U.I. de vitamina A por vía oral o nasogástrica al ingreso y 200.000 U.I. a las 24 horas; el otro grupo (control), de 97 niños, recibió el tratamiento normal del hospital y un placebo de apariencia similar a la vitamina A. Una persona diferente del personal del servicio suministraba la vitamina A o el placebo, de acuerdo con una tabla de asignación aleatoria. Los códigos de la vitamina A y del placebo no se revelaron hasta el final del estudio.

Al ingreso los dos grupos eran comparables en variables de importancia para el pronóstico del sarampión, tales como edad, sexo, raza, indicadores antropométricos y cuadro clínico de la enfermedad, así como en sus valores hematológicos. Cerca del 92% de los niños en ambos grupos tenía niveles bajos de retinol sérico (menos de 20  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ), posiblemente como resultado de la enfermedad.

Los resultados del estudio muestran una significativa disminución de la mortalidad y de las complicaciones en el grupo tratado con vitamina A en comparación con el grupo control, sin que se observara ningún efecto secundario indeseable del tratamiento con la vitamina. De los 12 niños que murieron, 10 eran del grupo de control; el riesgo relativo de muerte fue de 0.21 en el grupo tratado, en comparación con el control. Diez de las doce muertes fueron causadas por neumonía, y dos por sepsis fulminante. El 66% de los casos de neumonía ocurrieron en el grupo de control y su duración fue el doble de la de los casos de neumonía en el grupo con vitamina A.

Las complicaciones como laringo-traqueo-bronquitis y estomatitis herpética, así como la necesidad de terapia respiratoria y cuidados intensivos, fueron más frecuentes en el grupo control. Finalmente, entre los sobrevivientes, la duración total de la hospitalización fue significativamente menor en el grupo tratado con vitamina A. El resultado final del tratamiento no fue satisfactorio en 52 (54%) de los niños del grupo control, en comparación con solamente 25 (27%) del tratado con vitamina A (riesgo relativo de 0.51). Los resultados de este estudio confirman los hallazgos de Barclay y demuestran más claramente el efecto protector de la vitamina A en el tratamiento de los niños con sarampión severo. La vitamina redujo la mortalidad en más del 50% y la incidencia de complicaciones (neumonía, diarrea, laringo-traqueo-bronquitis y hospitalización prolongada) en más de un tercio.

Otro estudio, también doble ciego y con uso de placebo, efectuado recientemente en Sud-Africa en un grupo de 60 niños de 4 a 24 meses de edad hospitalizados por

sarampión y a quienes se hizo un seguimiento durante seis meses después del egreso, confirma los resultados de los estudios anteriores (Coutsoudis, 1991). En este estudio se suministró a los niños mayores de un año 200.000 U.I. de vitamina A al ingreso, a las 24 horas, a los 8 días y seis meses después del egreso del hospital; los menores de un año recibieron 100.000 U.I. con la misma periodicidad. El grupo tratado con vitamina A tuvo disminución significativa de la duración de la neumonía concomitante, y una completa recuperación en menos de una semana en el 96% de los casos, en comparación con solamente 68% en el grupo de control. En el grupo con vitamina A la prevalencia de diarrea a la semana, a las 6 semanas y 6 meses después fue entre 6 y 7 veces menor.

#### POSIBLES MECANISMOS DE ACCION DE LA VITAMINA A EN EL SARAMPION

Se ha demostrado que aún en los casos de diarrea (Molla, 1983) la vitamina A se absorbe en una alta proporción; por consiguiente, el efecto terapéutico observado en los estudios antes descritos podría atribuirse a un aumento del retinol circulante. Se ha observado en varios estudios que las enfermedades infecciosas como la neumonía, la diarrea y el sarampión disminuyen en forma significativa el retinol circulante (Reddy, 1986; Makowitz, 1989), lo cual podría atribuirse a un incremento de su utilización, a alteraciones en su movilización a partir de las reservas hepáticas, o a ambos mecanismos. Sería de esperar que los niveles de retinol sérico durante la enfermedad fueran aún más bajos en niños que antes de la enfermedad tenían bajos niveles séricos o deficientes reservas hepáticas.

Estudios previos indican que en la población de la cual provenían los niños de Hussey y Klein no se había encontrado evidencia bioquímica de deficiencia de vitamina A. Los resultados favorables del tratamiento observados en este estudio con niños sin deficiencia aparente de la vitamina sugieren que el principal mecanismo de acción sería el aumento del retinol circulante más que la recuperación de reservas hepáticas disminuídas. La disminución del retinol circulante asociada con enfermedades infecciosas como el sarampión ocurre aún en presencia de reservas hepáticas adecuadas.

#### CONCLUSIONES

La administración de dosis altas de vitamina A tiene un efecto terapéutico benéfico en el tratamiento del sarampión en niños, disminuyendo significativamente la mortalidad, la incidencia y severidad de las complicaciones, y la necesidad de terapias intensivas y de hospitalización prolongada. Los resultados de los estudios, indican que los beneficios del tratamiento son significativos en el tratamiento de todos los casos de sarampión, aún en poblaciones en las cuales no hay evidencia bioquímica de deficiencia de vitamina A. Los efectos terapéuticos podrían ser más marcados si la

vitamina A se administra tempranamente en forma rutinaria en el tratamiento de todos los casos de sarampión, independientemente de su severidad.

En 1987, OMS y UNICEF recomendaron la administración rutinaria de una dosis de 200.000 U.I. de vitamina A a todos los casos de sarampión y tres dosis en áreas en donde hipovitaminosis A es un problema importante de salud pública o en donde la tasa de letalidad por sarampión supera el 1%. Una limitación práctica de esta recomendación radica en la falta de información sistemática en muchos países y regiones sobre la deficiencia de vitamina A y la letalidad por sarampión. Los resultados de los estudios clínicos aquí revisados respaldan la recomendación de administrar al menos dos dosis de 200.000 U.I. con intervalo de 24 horas, por vía oral o nasogástrica si es el caso, como parte del tratamiento rutinario de todos los casos de sarampión en niños mayores de un año o dos dosis de 100.000 U.I. con el mismo intervalo en menores de un año, tanto en los hospitales como los servicios ambulatorios de salud.

La administración sistemática de vitamina A en el tratamiento del sarampión debería incorporarse dentro de las normas de atención de salud a todos los niveles, y la vitamina debería hacerse disponible rutinariamente en todos los servicios de salud en las áreas endémicas de sarampión, tanto en forma de cápsulas de 200.000 U.I. como en otras formas que permitan una dosificación de 100.000 U.I. El esquema de tratamiento propuesto es el siguiente:

*Para niños de 12 meses y más:*

Al diagnóstico: una dosis de 200.000 U.I.

Al día siguiente: una dosis de 200.000 U.I.

*Para niños entre 6 y 11 meses:*

Al diagnóstico: una dosis de 100.000 U.I.

Al día siguiente: una dosis de 100.000 U.I.

El sarampión deteriora marcadamente las reservas nutricionales del niño, precipitando la desnutrición y aumentando el riesgo de morbilidad y mortalidad durante un período prolongado después de la enfermedad. Por consiguiente, es recomendable complementar el tratamiento del sarampión con un manejo alimentario adecuado, asegurando la continuación de la alimentación normal del niño durante la enfermedad y aumentando significativamente la cantidad y densidad nutricional de la alimentación durante la convalecencia y por el mayor tiempo posible.

#### REFERENCIAS

1. Barclay A J, Foster A, Sommer A. Vitamin A supplementation and mortality related to measles: A randomized clinical trial. *British Med J.* 294:294-296, 1987.
2. Coutsoydis A, et al. Vitamin A supplementation reduces measles morbidity in African children: A randomized Placebo-

- control doble-blind trial. *Am J Clin Nutr.* 54:890-895, 1991.
3. Ellison J B. Intensive vitamin A therapy in measles. *British Med J* 2:708-711, 1932.
  4. Hussey G D. and Klein, M. A randomized controlled trial of vitamin A in children with severe measles. *New Engl J Med.* 323:160-164, 1990
  5. Innua M et al. Post-measles cornela ulceration in children in northern Nigeria: the role of vitamin A, malnutrition and measles. *Ann Trop Paediatr.* 3:181-191, 1983.
  6. Markowitz L E, Nzilambi N and Driskell, W J. Vitamin A levels and mortality among hospitalized measles patients, Kinshasa, Zaire. *J Trop Pediatr.* 35:109-112, 1989.
  7. Molla A., et al. Change in serum vitamin A concentration after an oral dose in children diarrhea. *J Pediatr.* 103:1000-1002, 1983.
  8. Olson J A. The biological role of vitamin A in maintaining epithelial tissues. *Int J Med Sci.* 8:1170-1178, 1972
  9. PAHO/WHO. Accelerated Immunization Project. Phase II, 1991-1995. Washington, D.C., 1991.
  10. Rahmatullah L et al. Reduced mortality among children in southern India receiving a small weekly dose of vitamin A. *N Engl J Med.* 323:929-935, 1990.
  11. Rahmatullah L. et al. Diarrhea, respiratory infections, and growth are not affected by a weekly low-dose vitamin A supplement: a masked controlled field trial in children in southern India *Am J Clin Nutr.* 54(3):568-577, 1991.
  12. Reddy V. et al. Relationship between measles, malnutrition, and blindness: a prospective study in Indian children. *Am J Clin Nutr.* 44: 924-930, 1986.
  13. Reynolds L G. et al. Continuing scourge of measles. *S. Afr. Med. J.* 71:611-613, 1987.
  14. Scrimshaw N S., Taylor, C.E, Gordon, J.E. Interactions of Nutrition and Infection. WHO Monograph Series N° 57. Geneva: World Health Organization, 1968.
  15. Sommer A., Tarwotjo I., Hussaini, G. Susanto, D. Increased mortality in children with mild vitamin A deficiency. *Lancet* 2585-588, 1983.
  16. Sommer A., Katz J Tarwotjo, I. Increased risk of respiratory disease and diarrhea in children with pre-existing vitamin A deficiency. *Am. J. Clin. Nutr.* 40:1090-1095, 1984.
  17. Sommer A., et al. Impact of vitamin A supplementation on childhood mortality: A randomized controlled community trial. *Lancet* 1:1169-1173, 1986.
  18. Varavithya W. et al. Vitamin A status of Thai children with measles. *Trop. Geogr. Med* 38:359-361, 1986.
  19. West K P. et al. Efficacy of vitamin A in reducing preschool child mortality in Nepal. *Lancet* 33:67-71, 1991.
  20. WHO/UNICEF. Expanded programme on immunization: programme for the prevention of blindness nutrition. Joint WHO/UNICEF statement: vitamin A for measles. *Wkly. Epidemiol. Rec.* 62:133-134, 1987.

VITAL es un proyecto administrado por el Instituto Internacional de Ciencia y Tecnología, Inc. (ISTI). Colaboran con ISTI la Universidad de Arizona, Community Systems Foundation y el Programa de Tecnología Apropiaada en Salud, cada uno con recursos técnicos especializados. Un grupo Consultivo Técnico, integrado por distinguidos expertos en nutrición, guía y supervisa el avance del proyecto.

Para solicitar los servicios de VITAL, puede dirigirse a:

Robert Pratt, VITAL Project Director.

1601 N. Kent Street, Suite 1016

Arlington, VA 22209, U.S.A.

Teléfono: (703) 841-0652

Fax: (703) 841-1597

Frances Davidson, R&D/N Nutrition Advisor

Department of State, A.I.D.

Washington, D.C. 20523, U.S.A.

Teléfono: (703) 875-4003

Fax: (703) 875-4394

## Curva de distribución de vitamina A sérica para niños de 2 a 6 años con estado adecuado de vitamina A: una población de referencia \*

*Hernando Flores, Mariachristina N A Azevedo, Florisbela AC S Campos, Mariahelena C Barreto-Lins, Anaclaudia A Cavalcanti, Aureni C Salcano, Ramanita M Varela y Barbara A Underwood.*

**RESUMEN.** Se determinó la vitamina A sérica antes y 30-45 días después de la administración de 60.6 mg. (212  $\mu\text{mol}$ ) de vitamina A a 544 niños brasileños residentes en las barriadas de Recife. Se compararon las curvas de distribución de frecuencias en un sub-grupo de niños cuyo estado nutricional de vitamina A fue evaluado inicialmente por medio de la prueba de respuesta relativa a la dosis (RRD). Las curvas de los niños con prueba de RRD negativa (estado adecuado) y positiva (estado inadecuado) fueron diferentes. La diferencia desapareció después de la suplementación. La forma de la curva de distribución después de la suplementación fue bastante cercana a la normal, con un promedio  $\pm$  desv. estándar, mediana e intervalo de confianza 95% de  $1.78 \pm 0.49$ , 1.68 y 1.02-2.90  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente. La curva post-suplementación derivada de esta población de niños en desventaja podría servir como referencia para propósitos de diagnóstico, seguimiento y evaluación de programas. *Am J Clin Nutr* 1991; 54:707-11.

### INTRODUCCION

En 1986 la Organización Mundial de la Salud identificó 36 países en donde, con base en la frecuencia de xeroftalmía, la deficiencia de vitamina A se reconocía como un problema de salud pública (1) dando como resultado un estimado de 700.000 nuevos casos anuales de enfermedad corneal que comprometía la visión(2). Se estima que de 20 a 40 millones de niños en algún momento sufren por lo menos deficiencia leve (no siempre detectable clínicamente) debido a una ingesta dietética inadecuada (2). Existen estudios que indican que la deficiencia subclínica de vitamina A tiene consecuencias negativas sobre salud y sobrevivencia del niño (3-6). Es importante, por ello, poder identificar las poblaciones a riesgo que tienen necesidad de programas profilácticos.

Las concentraciones séricas de vitamina A no se consideran indicadores confiables del estado subclínico de vitamina A en individuos (7), pero se ha sugerido su uso para evaluar el riesgo de estado nutricional inadecuado en

poblaciones (8,9). La falta de curvas apropiadas de referencia derivadas de poblaciones de niños que viven en situaciones de alto riesgo, pero con conocido estado adecuado de vitamina A ha limitado la interpretación de los resultados de encuesta de población (10). Los puntos de corte para una concentración sérica adecuada han sido arbitrariamente seleccionados con base en encuestas realizadas en países donde rara vez se encuentra deficiencia de vitamina A, comparados con aquellos en donde la deficiencia es común (8-10). Hay una urgente necesidad de una población de referencia confiable de niños de quienes se sabe que se encuentran en un estado nutricional adecuado de vitamina A, de los cuales se puede derivar una curva de distribución de valores séricos para la identificación de grupos de población subclínicamente deficientes, y por ende, con posibilidad de obtener beneficios para su salud al ser objeto de programas de intervención.

Presentamos aquí las curvas de distribución de valores séricos de vitamina A de una encuesta en niños brasileños que vivían en sus ambientes habituales, caracterizados por prominente deprivación social, económica y ambiental: ingreso familiar menor de 700 dólares estadounidenses por año, habitación y saneamiento pobre, deficiente nutrición y

\* Traducción autorizada del artículo original en inglés publicado en *American Journal of Clinical Nutrition* 54:707-711,1991.

alta prevalencia (69%) de pesos corporales por debajo de los estándares aceptables. Inicialmente se evaluó su estado nutricional de vitamina A usando la prueba relativa a la dosis, RRD (11), y las curvas de distribución de los valores séricos iniciales de los que tuvieron prueba RRD positiva y los que la tuvieron negativa se compararon con las curvas obtenidas 30 a 45 días después de haberles administrado un suplemento (212  $\mu\text{mol}$ ) de vitamina A y con las curvas de distribución post-suplementación de una población mucho mayor de niños que residían en la misma área.

## SUJETOS Y METODOS

### *Selección de la población.*

De una lista municipal actual (1985) de 169 favelas (áreas marginadas) de Recife, se seleccionaron tres usando una tabla de números aleatorios. Se visitaron las tres favelas y, con la ayuda de un líder comunitario se obtuvo una lista de los residentes de 2 a 6 años de edad. Todos los niños de dos de las favelas más pequeñas fueron incluidos en la muestra (~600). En la tercera favela había más de 1000 niños. Se usó la tabla de números aleatorios para seleccionar ~250 niños de esta área. El tamaño de la muestra total fue de 835 niños. El fracaso en la obtención de una muestra sanguínea al primer intento explica por qué son diferentes el número de pruebas de RRD ( $n=471$ ), las concentraciones séricas de vitamina A basales y post-suplementación ( $n=835$  y  $544$ , respectivamente), y observaciones pareadas (todos los tres valores)( $n=243$ ). El trabajador de campo pudo haber fracasado en la obtención de la muestra sanguínea principalmente por una vena dificultosa, un niño inquieto o excitado, o una técnica inapropiada. Por lo tanto, aquellos niños de quienes no se obtuvo una segunda (a las cinco horas) o tercera muestra (a los 30 días) no pueden ser considerados como desertores o diferentes en algún sentido de la muestra total de niños.

### *Procedimientos.*

Se obtuvo el consentimiento informado de la madre o de la persona legalmente responsable del niño para su participación en el estudio; los procedimientos recibieron la aprobación del Comité de Ética del Centro de Ciencias de la Salud, Universidad Federal de Pernambuco y del Comité de Revisión de Estudios en Humanos, de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. Después de ayunar durante la noche anterior, los niños y sus acompañantes fueron transportados a un lugar central de operaciones para la obtención de la muestra de sangre. Se extrajeron aproximadamente cinco mL de sangre de una vena antecubital. Se procedió a dar a los niños un desayuno estandarizado consiste en un emparedado de queso y café con leche (11). Se recogieron datos clínicos antropométricos de acuerdo con procedimientos estandarizados (12), debido a que nuestro protocolo de estudios incluye un informe para la madre respecto a la

situación clínica, antropométrica, de laboratorio y dietética del niño. Aunque se permitió a los niños jugar bajo supervisión, las madres fueron entrevistadas respecto a sus conocimientos de nutrición y la ingesta dietética de sus niños.

La concentración de vitamina A sérica total se determinó mediante la modificación (13) del procedimiento espectrofotométrico de Bessey et al (14), tomando las precauciones necesarias para asegurar la calidad de las muestras antes de su análisis (15). El blanqueo ultravioleta completo, la linealidad, la extracción y la composición de los extractos blanqueados y no blanqueados verifican rutinariamente en nuestro laboratorio por medio de cromatografía líquida de alto rendimiento, HPLC (16).

Después de la obtención de la muestra de ayunas, aquellos niños que consintieron en participar en la prueba de RRD recibieron 450  $\mu\text{g}$  de retinol (1.57  $\mu\text{mol}$ ) en forma de palmitato de retinilo en suspensión acuosa (Arovit, Roche Chemicals and Pharmaceuticals, Río de Janeiro) por vía oral, junto con su desayuno. Todas las muestras sanguíneas se llevaron inmediatamente al laboratorio y se analizaron para determinar las concentraciones basales de retinol. Después de cinco horas y antes del almuerzo, se obtuvo una segunda muestra de sangre y, que también se transportó inmediatamente al laboratorio para análisis. La RRD fue calculada usando el procedimiento estandarizado (11):

$$\text{RRD} = 100 \times (A_5 - A_0)/A_5$$

donde  $A_5$  y  $A_0$  son las concentraciones de vitamina A cinco horas después de la administración de la dosis de 450  $\mu\text{g}$  y el valor basal en ayunas, respectivamente.

Para aquellos niños en quienes se obtuvo una muestra sanguínea 30 a 45 días después de la administración de la dosis grande suplementaria, el procedimiento fue el mismo arriba descrito, para la obtención de la muestra basal en ayunas. Se definió como prueba positiva de RRD la que tenía un valor  $\geq 20\%$ , el cual se interpretó como indicador de reservas corporales agotadas por debajo de una concentración crítica de  $\approx 0.07 \mu\text{mol}/\text{gramo}$  de tejido hepático(17).

### *Procedimientos Estadísticos.*

Se utilizaron procedimientos estadísticos estándar con la ayuda de un programa computarizado adecuado (STATGRAPHICS, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA) para calcular estadísticas sumarias y para generar las curvas de distribución de frecuencias. El tamaño de la muestra no fue calculado previamente. Los datos, que siguen siendo recolectados para varios propósitos, son analizados periódicamente y en el caso del retinol sérico se alcanzó un tamaño de muestra que no cambiaría significativamente sus parámetros críticos (promedio, moda, mediana, desviación estándar, curtosis y escatosis) con la inclusión de más niños.

## RESULTADOS

Se analizaron muestras sanguíneas de 544 niños con edades comprendidas entre dos y seis años, quienes 30 a 45 días antes habían recibido una dosis grande (212  $\mu\text{mol}$ ) de vitamina A. La curva de distribución se muestra en la Figura 1. El promedio (desviación estándar) y mediana de las concentraciones de vitamina A fueron  $1.78 \pm 0.49$  y 1.68  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente; el intervalo de confianza de 95% (percentiles 2.5 y 97.5) fue 1.02-2.90  $\mu\text{mol/L}$ .

De los 544 niños, 243 participaron en la prueba de RRD en línea basal y tuvieron determinadas concentraciones de vitamina A antes y después de suplementación. La Figura 2A muestra las curvas de distribución de los valores séricos iniciales y a los 30-45 días después de la suplementación para aquellos niños que tuvieron una prueba positiva de RRD en la línea basal ( $n=98$ , o 40%). La suplementación con vitamina A produjo un notable desplazamiento hacia la derecha en la curva de distribución de frecuencias. El promedio (desviación estándar), mediana e intervalo de valores se desplazó de  $0.82 \pm 0.24$ , 0.86 y 0.26-1.91 a  $1.54 \pm 0.34$ , 1.48 y 0.82-2.81  $\mu\text{mol/L}$ . La Figura 2B se da la misma información para los niños que tuvieron una prueba negativa de RRD en la línea basal ( $n=145$ , o 60%). En éstos, la curva de distribución de valores cambió en respuesta a la suplementación: Los valores promedios  $\pm$  (desviación estándar), mediana e intervalo de valores antes y después de suplementación fueron  $1.55 \pm 0.39$ , 1.47, 0.94

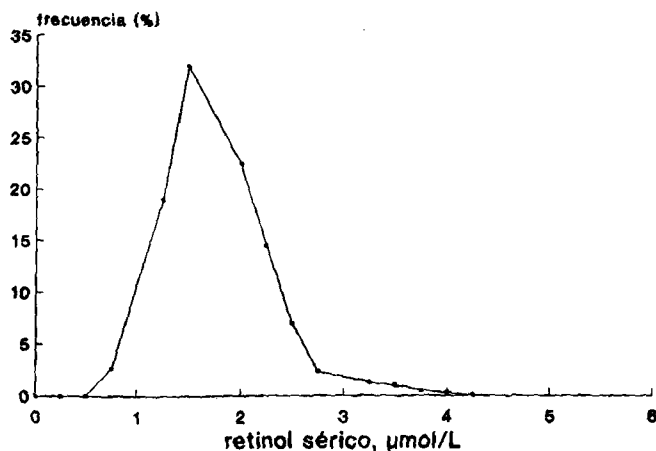


FIGURA 1

Distribución de frecuencias de las concentraciones séricas de vitamina A en 544 niños de dos a seis años de edad, 30-35 días después de que recibieron una dosis masiva (212  $\mu\text{mol}$ ) de vitamina A.

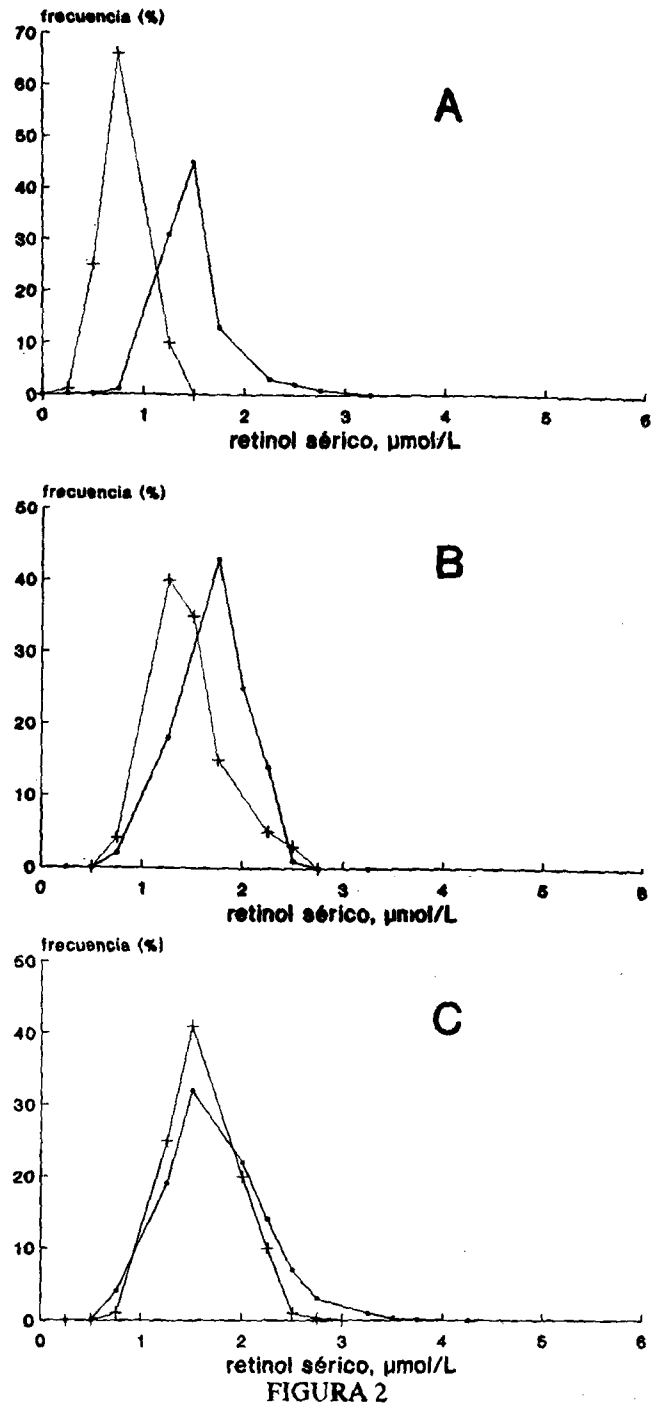


FIGURA 2

Distribución de frecuencias de las concentraciones séricas de vitamina A antes (.....) y después (—) de suplementación con 212  $\mu\text{mol}$  de vitamina A.

- A, valores pareados de niños con una prueba positiva de RRD (reservas inadecuadas) en la línea basal ( $n=98$ );  
 B, valores pareados de niños con una prueba negativa de RRD (reserva adecuadas) en la línea basal ( $n=145$ );  
 C, comparación de la curva post-suplementación de todos los niños ( $-$ ,  $n=544$ ) con la de los niños con observaciones pareadas ( $+$ ,  $n=243$ ).

- 2.80 y  $1.68 \pm 0.32$ , 1.65, 0.76-2.56  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente. La Figura 2C muestra las curvas de distribución de frecuencias de vitamina A sérica a los 30-45 días post-suplementación, tanto para los niños de la población total estudiada (n=544) como para subpoblación con pruebas RRD y valores de vitamina A sérica pareados (n=243). La forma de las curvas y el promedio, la mediana y el intervalo de valores no fueron diferentes en los dos grupos. Estos datos confirman que la dosis oral de vitamina A corrigió las reservas corporales previamente agotadas y que la distribución de las concentraciones de retinol sérico después de suplementación no fue diferente de la distribución de valores de los niños que no tenían agotamiento de reservas (RRD negativa) en la línea basal.

DISCUSION

La prueba de RRD se desarrolló en un modelo animal(18) con base en el conocimiento de los factores que gobiernan la captación y la liberación de la vitamina A de las reservas hepáticas, según lo resumido por Underwood(10,19,20). La prueba ha sido validada en humanos, tanto adultos(21) como en niños(17) mediante la correlación de respuestas cuantitativas a concentraciones hepáticas de vitamina A. Un valor de >20% siempre correspondió a concentraciones <0.7  $\mu\text{mol/gramo}$  de tejido hepático húmedo. La prueba RRD también ha sido validada mediante la realización de la prueba antes y después de la administración de una dosis alta de suplemento (11,17,21,25). Un estudio en niños brasileños mostró que todos aquellos que habían tenido una prueba positiva antes de la suplementación tuvieron una prueba negativa 30 días después y ninguno de los que inicialmente habían tenido una prueba negativa habían cambiado su estado después de un período de 30 días(11). Tenemos datos adicionales no publicados que muestran que la suplementación da como resultado una inversión de las pruebas RRD positivas, sin excepción (H Flores, MCNA Azevedo, FACS Campos, et al, observaciones no publicadas, 1991). Recientemente, Tanumihardjo et al(26) encontraron, de manera similar, que su prueba de RRD modificada (RRDM) también mostraba esta inversión de manera consistente. Han sido estas experiencias las que nos han llevado a comparar las curvas de distribución de retinol sérico de individuos con respuesta positiva e individuos con respuesta negativa antes y después de la suplementación, con el objeto de establecer que la curva generada 30 días después de la suplementación representa la de una población con nutrición adecuada de vitamina A. la sensibilidad de la prueba de RRD ha sido cuestionada(27) sobre la base de una pobre reproducibilidad de valores específicos en los mismos individuos adultos, pero no como una prueba de tamizaje para diferenciar poblaciones de adultos normales(28). Aunque los valores porcentuales reales sirven para establecer si están por arriba o por debajo del punto de corte de 20% (seleccionado sobre

la base de consideraciones estadísticas, analíticas y empíricas), la prueba de RRD es un atributo no-paramétrico. La naturaleza de la prueba no permite reproducibilidad en muestras seriadas, ni en individuos normales ni en sujetos deficientes. El uso de los valores de RRD como un indicador paramétrico es completamente inapropiado.

La distribución de las concentraciones de vitamina A sérica en poblaciones de referencia de las cuales se sabe que tienen un adecuado estado nutricional de vitamina A es necesaria para derivar guías interpretativas para determinar el riesgo de agotamiento de vitamina A en lugares donde rara vez se encuentra o se informa la deficiencia clínicamente evidente. Tal curva de referencia es también necesaria para el monitoreo de los cambios en el estado nutricional de poblaciones con y sin intervenciones específicas. Encontrar una población adecuada de referencia ha sido difícil debido a que otros factores, aparte del estado nutricional de vitamina A, influyen sobre las concentraciones séricas en el intervalo previamente considerado adecuado (es decir, 0.7  $\mu\text{mol/L}$  ó 20  $\mu\text{g/dL}$ ).

Las curvas de distribución de valores de niños de poblaciones social y económicamente deprivadas generalmente tienen una prevalencia mayor de valores bajos dentro del intervalo adecuado, y ha sido difícil saber cuál sería la curva de distribución de valores si estos niños

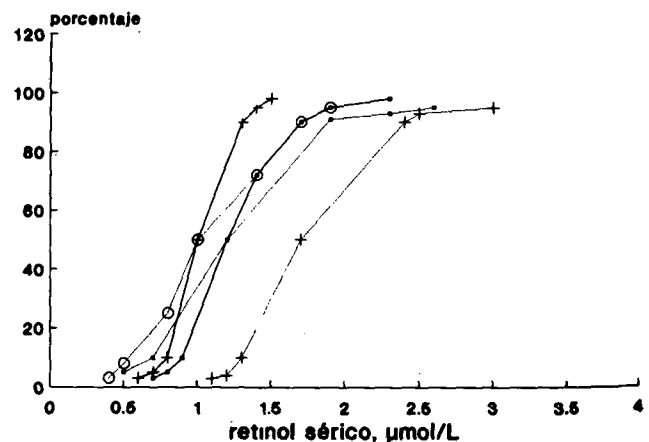


FIGURA 3

Distribución acumulativa (percentiles) de concentraciones séricas de vitamina A derivadas de poblaciones de referencia (—) del NHANES I (-) y NHANES II (+), y de los niños de Recife (.....) antes (-) y después (+) de suplementación con vitamina A.

tuvieran un estado nutricional adecuado sin un cambio en su ambiente social y económico. La Figura 1 muestra la distribución para tal grupo de niños brasileños y la Figura 3 la relaciona con los valores de referencia propuestos de una muestra aleatoria de niños de la Encuestas Nacionales de Salud y Examen Nutricional (NHANES I y II) llevadas a cabo en Estados Unidos(29). las concentraciones sanguíneas promedio de niños franceses de 1 a 16 años de edad, recientemente publicadas, se encuentran entre  $1.48 \pm 0.004 \mu\text{mol/L}$  30. al contrario a nuestras encuestas, sin embargo, no se hizo ninguna medición directa del estado nutricional de vitamina A, tal como la prueba RRD o una reencuesta 30 días después de suplementación, para la población general de los Estados Unidos, como tampoco de niños franceses. Por esta razón, y porque se utilizaron metodologías diferentes para el procesamiento, almacenaje y análisis de las muestras, no sería apropiado efectuar una comparación directa de estas curvas. En el Brasil, el dar un suplemento de vitamina A a la población bajo estudio eliminó esencialmente la presencia de valores  $<1.05 \mu\text{mol/L}$ , con poco efecto sobre valores promedio y virtualmente ningún efecto sobre los valores en el extremo superior o inferior de la distribución de frecuencias. Los datos sugieren que la distribución de los valores de la vitamina A sérica mostrados en las Figuras 1 y 3 pueden servir como guías en la evaluación del estado de poblaciones de niños de dos a seis años de edad y como una meta a alcanzar cuando se evalúa la efectividad de programas de intervención con miras a mejorar el estado nutricional de Vitamina A. Estos datos concuerdan con los hallazgos de los estudios NHANES, que sugieren que los individuos con concentraciones séricas de vitamina A  $<1.05 \mu\text{mol/L}$  ( $<30 \mu\text{g/dL}$ ) tienen mucha posibilidad de beneficiarse con un aumento en la ingesta de vitamina A.

#### AGRADECIMIENTOS

Joel A Castro, Gilzine A Souza, Avany B Silva y Luiz C Lima proporcionaron excelente asistencia técnica. El kerosene usado en los ensayos espectrofotométricos de vitamina A fue amablemente donado por aerolíneas VARIG. Agradecemos profundamente el entusiasmo y colaboración Skylab, Santa Luzia, y Cardoso.

#### REFERENCIAS

- De Maeyer EM. Xerophthalmia and blindness of nutritional origin. Children in the tropics. Paris: International Children's Center, 1986.
- Administrative Committee on Coordination-Subcommittee on Nutrition. Firts report on the world nutrition situation. Geneva: World Health Organization. November 1987.
- Rahmathullah L, Underwood BA, Thulasiraj RD, et al. Reduced mortality among children in Southern India receiving a small weekly dose of vitamin A. N Engl J Med 1990; 323:929-35.
- Sommer A, Tarwotjo I, Hussaini GL, Susanto D. Increased mortality in mild vitamin A deficiency, Lancet 1983;2:585-8.
- Sommer A, Tarwotjo I, Djunaedi E, et al. Impact of vitamin A supplementation on childhood mortality. Lancet 1986; 1:1169-73.
- Muhilal, Permeisih D, Idjradinata YR, Muherdiyantiningsih, Karyadi D. Vitamin A-fortified monosodium glutamate and health, growth, and survival of children: a controlled field trial. Am J Clin Nutr 1988;48:1271-6.
- Olson J. Serum levels of vitamin A and carotenoids as reflectors of nutritional status. J Natl Cancer Inst. 1984; 73:1439-44.
- Arroyave G, Chichester CO, Flores H. et al. Biochemical methodology for the assessment of vitamin A status. International vitamin A Consultive Group (IVACG). Washington. DC: The Nutrition Foundation, 1982.
- Pilch SM. Analisis of vitamin A data from the health and nutrition examination surveys. J. Nutr. 1987;117:636-40.
- Underwood B. Methods for assessment of vitamin A status. J Nutr. 1990;120:1459-63
- Flores H, Campos F, Araújo CRC, Underwood BA. Assessment of marginal vitamin A deficiency in Brazilian children using the relative dose response procedure. Am J Clin Nutr 1984;;40:1281-9.
- Bengoia JM, Jeliffe DB, Pérez C. Some indices for the general evaluation, in population groups, of the magnitude of protein-calorie malnutrition in small children. Guatemala: Pan American Health Organization/World Health Organization, 1966(in Spanish).
- Araújo CRC, Flores H. Improved spectrophotometric vitamin A assay. Clin Chem 1978;24:386.
- Bessey OA, Lowry OH, Brock MJ, Lopez JA. The determination of vitamin A and carotene in small quantities of blood serum. J Biol Chem 1846; 166:177-8
- Barreto-Lins MHC, Campos FACS, Azevedo MCNA, Flores H. A re-examination of the stability of retinol in blood and serum, and effects of standardizad meal. Clin Chem 1988;34:2808-10.
- DeRuyter MGM, De Leenheer AP. Determination of serum retinol (vitamin A) by high-speed liquid chromatography. Clin Chem 1976;22:1593-5.
- Amédée-Manesme O, Mourey MS, Hanck A, Therasse J. Vitamin A relative dose response test: validation by intravenous injection in children with liver disease. Am J Clin Nutr 1987;46:286-9.
- Loerch JD, Underwood BA, Lewis KC. Response of plasma levels of vitamin A to a dose of vitamin A as indicator of hepatic reserves in rats. J Nutr 1979;109:778-86.
- Underwood BA. Vitamin A in animal and human nutrition. In: Sporn M, Roberts A, Goodman DS. The retinoids. Vol 1. New York: Academic Press 1984;281-392.
- Underwood BA. Dose response tests in field surveys. J Nutr 1990;120:1455-8.
- Amédée-Manesme O, Anderson D, Olson JA. Relation of the relative dose response to liver concentrations of vitamin A in generally well-nourished surgical patients. Am J Clin Nutr 1984;39:898-902.

22. Campos FACS, Flores H, Underwood BA. Effect of an infection on vitamin A status of children as measured by relative dose response (RDR). *Am J Clin Nutr* 1987;46:91-4.
23. Mobarhan S, Russel RM, Underwood BA, Wallingford J, Methieson RD, Al-Midani H. Evaluation of the relative dose response test for vitamin A nutriture in cirrhotics, *Am J Clin Nutr* 1981;34:2264-70.
24. Fulton AB, Hansen RM, Underwood BA, Shwachman H, Barg DC. Scotopic thresholds and plasma retinol in cystic fibrosis. *Invest ophthalmol Vis Sci* 1982;23:364-70.
25. Amatayakul K, Underwood BA, Ruckphaopunt S. et al. Oral contraceptives: effect of long-term use on liver vitamin A storage assessed by the relative dose response test. *Am J Clin Nutr* 1989;49:845-8.
26. Tanumihardjo SA, Koellner PG, Olson JA. The modified relative-dose-response assay as an indicator of vitamin A status in a population of well-nourished American Children. *Am J Clin Nutr* 1990;52:1064-7.
27. Solomons NW, Morrow PD, Vasquez A, Bulux J, Guerrero AM, Russel RM. Test-retest reproducibility of the relative dose response for vitamin A status in Guatemala adults-issues of diagnostic sensitivity. *J Nutr* 1990;120:738-44.
28. Morrow FD, Guerrero AM, Russell RM, Dallal G, Solomons NW. Test-retest reproducibility of the relative dose response for vitamin A status in Guatemala adults-issues of diagnostic specificity. *J Nutr* 1990;120:745-70.
29. Pilch SM. Assessment of the vitamin A nutritional status of the US population based on data collected in the health and nutrition examination surveys. Bethesda, MD: Federation of American Societies for Experimental Biology, 1985.
30. Malvy JMD, Mourey MS, Carlier C, et al, Retinol,  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol status in a French population of healthy children. *Int J Vitam Nutr Res* 1989;59:29-34.

Nota: La referencia formal que se haga en un documento a los trabajos que aparecen en esta sección, los cuales han sido previamente publicados en otras revistas y traducidos para ALAN, debe hacerse con la cita original después de consultar la fuente primaria.

## Nuevos Libros

### **NUTRIENT ADDITIONS TO FOOD: NUTRITIONAL, TECHNOLOGICAL AND REGULATORY ASPECTS**

J. Christopher Bauernfiend and Paul A. Lachance, Editores. Food and Nutrition Press, Trumbull, CT 06611, 1991, 622 pags. U.S. \$ 135,00

Con un magnífico Prólogo del Dr. W. Henry Sebrell, el cual deleitará al lector, quien allí encontrará útil información sobre sus experiencias pioneras en el campo del agregado de nutrientes a los alimentos en los Estados Unidos, este libro entrega en 21 Capítulos, un vasto caudal de información sobre el tema, gracias al aporte de 22 autores expertos en la materia, incluyendo a sus dos Editores. Los primeros 4 Capítulos confieren una adecuada perspectiva al contenido y tienen que ver con los siguientes temas: 1.- Deficiencia marginal de micronutrientes. 2.- Conceptos y prácticas sobre el agregado de nutrientes a los alimentos. 3.- Sales minerales como aditivos 4.- Vitaminas y aminoácidos como aditivos. El Capítulo 2, escrito por los Editores, ofrece una amplia visión sobre los hábitos y costumbres que han modificado los patrones tradicionales de consumo de alimentos en las modernas sociedades, las pérdidas de nutrientes durante el procesamiento y un enfoque crítico de los resultados de recientes encuestas de consumo de alimentos en los Estados Unidos. Este Capítulo incluye opiniones de calificados autores sobre las ventajas del agregado de nutrientes, los aspectos doctrinarios de esta práctica y se examinan diversas situaciones en las cuales

son indicadas los programas de enriquecimiento o fortificación de los alimentos, cerrando el tema con una visión de futuro.

Siguen 10 Capítulos los cuales tienen que ver específicamente con la adición de nutrientes a otros tantos grupos de alimentos. En ellos se discute la experiencia acumulada y las características de los respectivos alimentos como vehículos apropiados para el agregado de nutrientes, así como también sus limitaciones. Los grupos de alimentos examinados son: Cereales y sus productos. Alimentos análogos, extruidos o preparaciones. Raíces y tubérculos. Azúcares. Grasas y aceites. Jugos y bebidas. Alimentos para entre comidas ("snacks"). Condimentos. Productos lácteos. Alimentos para regimenes especiales. En el Capítulo 15 se discute el agregado de ascorbatos y tocoferoles a los alimentos como antioxidantes por razones no nutricionales, continuando los demás Capítulos con los temas de disponibilidad de los nutrientes, descripción de procesos industriales, rotulado y aspectos legales de la fortificación en los Estados Unidos. El Capítulo 21, relativo a la experiencia de la fortificación de alimentos en otros países, lamentablemente se refiere solo a los países europeos. Es de destacar la lista de Puntos de Contacto del Codex Alimentarius, actualizada para 1990, que se presenta al final. En definitiva se trata de un texto completo, al día, con un total de 1.412 referencias bibliográficas, llamado a ser de consulta obligada para quienes trabajamos en ésta área.

José Félix Chávez Pérez

## Notas

### **Décimo Quinto Congreso Internacional de Nutrición**

Entre el 26 de Septiembre y el 1 de Octubre de 1993, tendrá lugar en Adelaide, al sur de Australia, El Décimo Quinto Congreso Internacional de Nutrición. El congreso se centra en 10 temas, cada uno con diversos Simposia y Talleres, estimándose un total de 48 Simposia y 48 Talleres, distribuidos convenientemente en los 5 días disponibles. Los temas son los siguientes: Nutrición y Ambiente. Programas y Políticas en Nutrición. Prevención de Enfermedades Crónicas por medios Nutricionales. Nutrición durante el Ciclo de Vida. Nutrición y Antropología Nutricional de Pueblos Aborígenes. Biología Celular y Biología Molecular en Nutrición. Nutrición y Comportamiento. Nutrición Animal. Ciencia de los Alimentos. Nutrición Clínica.

La participación en el Congreso es abierta para todas aquellas personas interesadas en Nutrición y las planillas de inscripción comenzarán a ser distribuidas a partir de Septiembre de 1992. El costo en dólares australianos antes de Junio de 1993 es, para Delegados a \$ 500; Estudiantes a \$ 150 y la inscripción por día a \$ 125. Después de Junio de 1993 el costo para los Delegados se eleva a \$ 600, permaneciendo igual el de Estudiante y la inscripción por día. El idioma oficial es el inglés y habrán facilidades de traducción a otros idiomas.

Interesados en recibir material adicional, dirigirse a:

The Secretariat  
15th International Congress of Nutrition

CSIRO. Division of Human Nutrition  
P O Box 10041  
Gouger Street Adelaide SA 5000  
AUSTRALIA  
Fax: 61 8 224 1841.

### **Primera Conferencia Internacional Sobre Banco de Datos de Composición de Alimentos.**

Como evento satélite al Décimo Quinto Congreso Internacional de Nutrición, tendrá lugar la nombrada Conferencia en Sidney, Australia, entre el 22 y el 24 de Septiembre de 1993. El programa de sesiones incluye Programas Nacionales e Internacionales de Composición de Alimentos; Métodos Analíticos Específicos; Control de Calidad de la Información; Nomenclatura de los Alimentos y Nutrientes; Uso y Aplicaciones de Sistemas Computarizados.

Se prevee además un sistema de Comunicación libres mediante el uso de afiches en todo lo relacionado con la producción de información sobre la composición de alimentos y su interpretación y sesiones demostrativos del uso de sistemas computarizados.

Interesados favor solicitar información a:

Prof. Heather Greenfield  
Department of Food Science and Technology  
University of South Wales  
P.O Box 1  
Kensington NSW 2033  
Australia

### **Décimo Congreso Mundial de Gastroenterología**

A solicitud de los organizadores, se anuncia con anticipación la celebración del Décimo Congreso Mundial de Gastroenterología, el cual tendrá lugar en la ciudad de Los Angeles, entre el 2 y el 7 de Octubre de 1994. Se realizarán simultáneamente el Octavo Congreso de Endoscopia Digestiva y al Quinto Congreso de Coloproctología, dentro de un ambicioso programa de actualización de estas disciplinas.

Aquellas personas interesadas en recibir los programas preliminares e información adicional, favor dirigirse a:

The World Congresses of Gastroenterology  
Suite 300  
655 Fifteenth Street, NW  
Washington, DC 20005  
Fax (202) 639 4626

### **Mitos y Realidades Sobre los Programas de Control del Sobrepeso**

El Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela y la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Central de Venezuela, celebrarán su Jornada Aniversario con el Taller "Mitos y Realidades sobre los Programas de Control del Sobrepeso". Esta Jornada Aniversario tendrá lugar en Caracas, los días 11 y 12 de Noviembre de 1992, en los locales del Parque Central e incluye un variado temario sobre los aspectos más sobresaliente y de mayor actualidad relacionadas con la materia.

Interesados favor solicitar información adicional y programas a:

Dr. Miguel Osfo Sandoval  
Presidente Comité Organizador

Instituto Nacional de Nutrición  
Apto. 2049.  
Caracas-Venezuela  
Fax: (582) 483-34-70

### **53 Congreso Médico Nacional**

A realizarse en San José, Costa Rica entre el 30 de Noviembre y el 4 de Diciembre de 1992. Información:

Colegio de Médicos y Cirujanos.  
San José, Costa Rica.  
Fax: 506 322406

### **Primer Congreso Nacional de Nutrología**

Organizado por la Asociación Mexicana de Facultades y Escuelas de Nutrición, C.A. (AMFEN), tendrá lugar en Mérida, Yucatán, México, el nombre Congreso entre el 16 y el 19 de Noviembre de 1992. Para mayor información dirigirse a:

Secretaría de AMFER  
Ave. San Fernando N° 15  
Colonia Torriello Guerra  
Tlalpan 1405  
México, D.F. MEXICO.

### **32 Reunión Anual de La Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología**

Se efectuará en Acapulco, Guerrero, México, del 2 al 5 de Diciembre de 1992. Información:

Sociedad de Nutrición y Endocrinología,  
Vasco de Quiroga N° 15  
Colonia Tlalpan, C.P. 14000.  
México, D.F. MEXICO.

## **ENTIDADES PATROCINANTES**

- **Fundación CAVENDES**  
Caracas, Venezuela
- **Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)**  
Guatemala, Guatemala C.A.
- **KELLOGG'S América Latina**
- **Protein Technologies International**  
Caracas, Venezuela

# 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 las 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 un espacio desproporcionado.

## 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 % sino, por ej. g/100g ó mg/100mL; 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 gráfica.

### 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) y 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 Referencias bibliográficas

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 Referencias bibliográficas, al final del trabajo, se aplican las mismas normas y serán presentadas de acuerdo a los siguientes ejemplos:

## a) De revistas:

Liendo Coll, P & JM 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:

Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 12th ed. Washington, DC, The Association, 1975, p.30.

## d) De un artículo o capítulo de un autor(es) consignado en un libro publicado por casa editora:

Hoskins, WG & M Charles. Macaroni production. En: The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed. SA Matz (Ed.). Westport, Conn, The Avi Publishing Co. 1959, p.274-320.

## e) De citas de compendios:

Krebs, HA & 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. *Abreviatura 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 la 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 la coma (,) para indicar decimales, p. ej. 35,7; 389,9; y el punto (.) para indicar miles, millones, etc.

**D. SEPARATAS**

El costo de las separatas o sobretiros de los trabajos es de US\$3.00 por página de 50 separatas. El autor(es) deberá notificar a la Oficina Editorial el número de separatas deseado tan pronto se le informe que su trabajo ha sido aceptado.

**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 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 dirigida en ese sentido por el autor(es). Tan pronto como su factura sea cancelada, se les proporcionará 30 separatas libres de costo.

# 1er Encuentro Científico Internacional Proingral

## *Las grasas en la alimentación humana*

### RECIENTES AVANCES EN EL USO DEL ACEITE DE PALMA

**Organizado por:**

Grupo Promotor de la Investigación de las Grasas en la Alimentación Humana  
(Grupo Proingral, A.C.)

**Patrocinado por:**

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas  
Instituto de Medicina Experimental (Facultad de Medicina-UCV)  
Fundación Cavendes  
Sociedad Latinoamericana de Nutrición  
Federación Médica Venezolana

**Auspiciado por:**

Fundación para el Desarrollo del Cultivo de la Oleaginosas (FUNDESOL)

**Lugar y Fecha:**

"Hotel Caracas Hilton", Caracas, Venezuela del 15 al 17 de Febrero de 1993

**Inscripciones:**

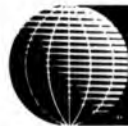
Congreca, C.A. Caracas / Teléfonos: 33.69.75 / 33.57.79

# Protein Technologies International

Pone a su disposición una gran variedad de Proteínas Aisladas de Soya, de alta calidad nutricional y diferentes Fibras de Soya, elementos importantes en la elaboración de productos alimenticios de calidad y a costos accesibles.

La Proteína Aislada de Soya satisface los requerimientos de aminoácidos esenciales para niños y adultos señalados por la OMS/FAO/UNU.

La Proteína Aislada de Soya y la Fibra de Soya son ingredientes de gran versatilidad que se utilizan en la preparación de diversos alimentos de alto valor nutricional como: Productos cárnicos, lácteos, cereales, bebidas nutritivas y sucedáneos.



**PROTEIN  
TECHNOLOGIES  
INTERNATIONAL**

Para mayor información llame o escriba a las siguientes direcciones:

**Casa Matriz - USA:**  
Checkerboard Square  
St. Louis, MO 63164  
Phone: (890) 344-6937  
Telex: 447240 RAL PRO STL  
Fax: (314) 982-1121  
International and Missouri:  
(314) 982-1277

**México:**  
Ingenieros Militares No. 105  
Colonia Lomas de Sotelo  
C.P. 11200 México D.F.  
Phone: (525) 395-9190 / 557-1888  
Fax: (525) 395-8303

**Venezuela:**  
Torre Diamen - Piso 1  
Oficinas 17 y 18 CHUAO  
Centro Comercial Tamanaco  
Caracas, 1060 Venezuela  
Phone: (58-2) 913-729 or 915-732  
Telex: (395) 21585 PURIN VC  
Fax: (58-2) 916-587

**Brasil:**  
Av. Nações Unidas, 13.797  
Bl. III - 18º And Conj. Morumbi  
Telex: (011) 22.425 - C.P. 22.591  
Tel.: (011) 531.7755 R. 309 CEP.  
04794 - Sao Paulo - SP  
Fax: (011) 612003

**Artes finales:** PC expertos C.A., Valencia, Venezuela

Tel: 41-573649, Fax: 58-41-212121

**Portada:** Chávez & López, Caracas, Venezuela

Tel: 2-283-1429

**Impresión:** Imp. Milano, C.A. Caracas, Venezuela

Tel: 34.67.81 - 34.39.44

Fax: (02) 238.31.68

## **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. El actual Consejo Directivo de la SLAN está constituido por los siguientes miembros:

Presidente	Dr. Eleazar Lara Pantin
Presidente Electo	Dr. Hernán Delgado
Secretario	Dra. Yolanda H. de Valera
Tesorero	Dra. Maritza L. de Jiménez
Vocal	Dr. Mauro Valencia
Vocal	Dra. Rebeca De Angelis
Vocal	Dr. Santiago Muzzo
Vocal	Dr. Manuel Grillo
Presidente Saliente	Dr. Jaime Ariza Macía

### **DIRECTORIO DE ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION**

Editor General	Dr. Virgilio Bosch Román
Editor Asociado	Dr. José Félix Chávez Pérez

### **MIEMBROS DEL CUERPO EDITORIAL PERIODO 1992 - 1994**

Dr. Juan Alvarado	Dr. Hernán Delgado
Dr. Héctor Araya	Dr. J. E. Dutra de Oliveira
Dra. Julia Araya	Dr. Werner G. Jaffé
Dr. Jaime Ariza M.	Dr. Franco M. Lajolo
Lic. Adriana Blanco	Dr. Alfredo Lam-Sánchez
Dr. José Belizán	Dr. Reynaldo Martorell
Lic. Concha M. de Bosque	Dr. Luis A. Mejía
Dr. Héctor Bourges	Dra. Josefina Morales
Dr. Ricardo Bressani	Dr. Alejandro O'Donnell
Dr. Odoardo Brito A.	Dra. Nelly Pak
Dr. Adolfo Chávez	Dr. Nelson de Souza
Dr. José Félix Chávez	Dr. Emilio Vargas

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

## Contenido

	Página
<b>EDITORIAL</b> .....	89
<b>ARTICULOS GENERALES</b>	
<b>Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica.</b> Werner Jaffé. ....	90
<b>Considerações sobre a biodisponibilidade do ferro dos alimentos.</b> M. L. Pires Bianchi, H. Candido Silva and J.E. Dutra de Oliveira. . .....	94
<b>TRABAJOS DE INVESTIGACION</b>	
<b>Nutrición Humana</b>	
<b>The output and outcome of two types of formal health structures - health post and creche - for nutritional interventions for preschool children in two urban low-income communities of Belo Horizonte, Brazil, (1986).</b> B. Schell, R. Gross, M.A. Coelho Leao, M.C. Bisi Molina, U. Strack and B. Bruken. ....	101
<b>Relación entre el consumo de grasas y la mortalidad por cáncer colorrectal en la población venezolana.</b> H. Malavé, H. Méndez Castellano y I. Malavé .....	110
<b>The nutrition status of Guaymí Indians living in Chiriquí province, Republic of Panamá.</b> D.L. Taren, D. Sanjur, G. Rivera, D.W.T. Crompton, M. Nesheim, J.T. Cox and E.C.M. Williamson. ....	118
<b>Estandarización de personal en diagnóstico clínico de bocio: ¿Como evaluar la concordancia entre examinadores de la tiroides?</b> Jorge Matute y Erick Boy .....	127
<b>Influencia de la nutrición en la capacidad funcional de un grupo de ancianos españoles.</b> Rosa María Ortega, Pedro Andres, Agustín Melendez, Estrella Turrero, María Jesús Gaspar, Marcela Gonzalez Gross, Guadalupe Garrido, Manuel Chamorro, Elías Díaz-Albo, Olga Moreiras-Varela .....	133
<b>Ciencias de Alimentos</b>	
<b>Contenido y disponibilidad biológica de los carotenoides de Pejibaye. (<i>Bactris gasipaes</i>) como fuentes de vitamina A.</b> Adriana Blanco y Leda Muñoz. ....	146
<b>Efecto del proceso de extrusión del sorgo sobre el color de las harinas y tortillas a base de mezclas con harina de maíz nixtamalizada.</b> F. Martínez B., C. F. Ciacco y Y. Salinas M. ....	155
<b>Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para valles altos.</b> Y. Salinas M., J.L. Arellano V. y F. Martínez B. ....	161
<b>Incidencia de toxinas de <i>Fusarium</i> en el maíz y productos de la molienda.</b> A. Saubois, M.C. Nepote y J.C. Basilico. ....	168
<b>Elaboración de un producto tipo hamburguesa con base en carpa a través de la reducción de la actividad acuosa.</b> M. Santillán y L.J. Morales. ....	173
<b>Latin Foods. Composición de alimentos</b>	
<b>Estado actual de los métodos analíticos para determinar provitamina A.</b> D.B. Rodriguez-Amaya y J. Amaya-Farfán .....	180
<b>Características, composición y comportamiento quesero de la leche de cabra.</b> I. Verdalet-Guzmán .....	192
<b>Características físicas, tecnológicas y proteínicas de frijoles (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) silvestres y cultivados.</b> G. Vásquez Carrillo y F. Cárdenas Ramos. ....	201
<b>SECCION VITAL. VITAMINA A.</b> .....	210
<b>NUEVOS LIBROS.</b> .....	221
<b>NOTAS.</b> .....	222
<b>ENTIDADES PATROCINANTES.</b> .....	224
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES.</b> .....	225