

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Organo Oficial de la  
Sociedad Latinoamericana de Nutrición

---

**VOL 59**

**DICIEMBRE 2009**

**Nº4**

---

## Contenido

Páginas

### ARTICULOS GENERALES

**Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia**

*Ofelia Angulo y Michael O'Mahony* ..... 349

**Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales**

*Ana María Domínguez-Vergara, Luz Vázquez-Moreno, Gabriela Ramos-Clamont Montfort* ..... 358

### PERSPECTIVA

**Peso de nacimiento y posterior estado nutricional, desarrollo cognitivo y actividad ocupacional:  
una revisión crítica**

*S. Villegas, R. Ivanovic, H. Pérez, A. Almagià, MS Urrutia, M. del P Rodríguez, C. Larraín, D. Ivanovic* ..... 369

### TRABAJOS DE INVESTIGACION

#### Salud Pública

**Un enfoque para un problema sanitario y social: yodurias en embarazadas de una región yododeficiente**

*Jorge L. Olivares, Valeria A. Ortiz, Marcos Mayer, Cecilia I. Demaria, Ester Ñancucho, Juan C. Cresto* ..... 378

#### Nutrición Infantil

**Índice de sustancia activa (AKS) distribución percentilar en edades pediátricas**

*Gladys Henríquez-Pérez, Ingrid Rached-Paoli, Arelis Azuaje-Sánchez* ..... 383

## Nutrición y Tercera Edad

<b>Evaluación del riesgo nutricional mediante el MNA en una población anciana no institucionalizada</b> <i>J. De la Montaña Miguélez, C. Areal Salve, M. Míguez Bernárdez</i> .....	390
<b>Retinolemia, consumo de vitamina A e pressão arterial em idosos</b> <i>Mellina Neyla de Lima Albuquerque, Alcides da Silva Diniz, Ilma Kruze Grande de Arruda</i> .....	396

## Microbiología de Alimentos

<b>Detección de <i>Bacillus cereus</i> toxigénicos en productos lácteos con especias y leches deshidratadas colectadas en Costa Rica</b> <i>Walter Blanco, María Laura Arias, Cristian Pérez, César Rodríguez, Carolina Chaves</i> .....	402
---	-----

## Consumo de Alimentos

<b>Diferencias étnicas y de aculturación en el consumo de alimentos en la Región Metropolitana de Santiago, Chile</b> <i>Berta Schnettler, Valeska Huaiquiñir, Marcos Mora, Horacio Miranda, José Sepúlveda y Marianela Denegri</i> .....	407
--	-----

## Ciencia de Alimentos

<b>Efeito do processamento na atividade antioxidante do grão de amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i> L. BRS-Alegria)</b> <i>Yara Severino de Queiroz, Rosana Aparecida Manólio Soares, Vanessa Dias Capriles, Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres, José Alfredo Gomes Áreas</i> .....	419
<b>Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal</b> <i>Castillo V.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J.</i> .....	425

## Tecnología de Alimentos

<b>Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo</b> <i>Sila Mary Rodrigues Ferreira, Paola Cordeiro Luparelli, Maria Eliana Madalozzo Schieferdecker, Regina Maria Vilela</i> .....	433
<b>Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola</b> <i>Ana Carolina da Silva Pereira, Ana Maria de Abreu Siqueira, Josefranci Moraes de Farias, Geraldo Arraes Maia, Raimundo Wilane de Figueiredo, Paulo Henrique Machado de Sousa</i> .....	441

<b>FE DE ERRATAS</b> .....	448
----------------------------	-----

<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b> .....	450
---	-----

<b>INDICE GENERAL DEL VOLUMEN 59, 2009</b> .....	455
--	-----

<b>INDICE DE AUTORES</b> .....	460
--------------------------------	-----

<b>INDICE DE MATERIAS</b> .....	466
---------------------------------	-----

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the  
Latin American Society of Nutrition

---

VOL 59

DECEMBER 2009

Nº 4

---

## Contents

Pages

### GENERAL ARTICLES

#### Thurstone model application to difference sensory tests

*Ofelia Angulo y Michael O'Mahony* ..... 349

#### Role of prebiotic oligosaccharides in prevention of gastrointestinal infections: a review

*Ana María Domínguez-Vergara, Luz Vázquez-Moreno, Gabriela Ramos-Clamont Montfort* ..... 358

### PERSPECTIVE

#### Birth weight and later nutritional status, cognitive development and job status: a critical revision

*S. Villegas, R. Ivanovic, H. Pérez, A. Almagià, MS Urrutia, M. del P Rodríguez, C. Larraín, D. Ivanovic* ..... 369

### RESEARCH PAPERS

#### Public Health

#### An approach to a sanitary and social problem: urinary iodine excretion in pregnant women from a iodine deficient region

*Jorge L. Olivares, Valeria A. Ortiz, Marcos Mayer, Cecilia I. Demaria, Ester Ñancucheo, Juan C. Cresto* ..... 378

#### Infant Nutrition

#### Active Substance Index (AKS) percentile distribution in pediatric ages

*Gladys Henriquez-Pérez, Ingrid Rached-Paoli, Arelis Azuaje-Sánchez* ..... 383

## Nutrition and the Elderly

<b>Nutritional risk in no-institutionalized older, determined for the mini nUtritional assessment (MNA)</b> <i>J. De la Montaña Miguélez, C. Areal Salve, M. Míguez Bernárdez</i> .....	390
<b>Retinolemia, vitamin A intake, and blood pressure in the elderly</b> <i>Mellina Neyla de Lima Albuquerque, Alcides da Silva Diniz, Ilma Kruze Grande de Arruda</i> .....	396

## Food Microbiology

<b>Toxigenic Bacillus cereus detection in lactic products with spices and dehydrated milk collected in Costa Rica</b> <i>Walter Blanco, María Laura Arias, Cristian Pérez, César Rodríguez, Carolina Chaves</i> .....	402
--	-----

## Food Consumption

<b>Differences in food consumption associated with ethnic group and acculturation in the Metropolitan Region of Santiago, Chile</b> <i>Berta Schnettler, Valeska Huaiquiñir, Marcos Mora, Horacio Miranda, José Sepúlveda y Marianela Denegri</i> .....	407
--	-----

## Food Science

<b>Effect of processing on the antioxidant activity of amaranth grain</b> <i>Yara Severino de Queiroz, Rosana Aparecida Manólio Soares, Vanessa Dias CaPriles, Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres, José Alfredo Gomes Áreas</i> .....	419
<b>Effect of calcium hydroxide concentration and cooking time of corn grain (<i>Zea mays L.</i>) nixtamalized, over physicochemical and rheological nixtamal characteristics</b> <i>CastilloV.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J.</i> .....	425

## Food Technology

<b>Gluten free cookies prepared with sorghum flour</b> <i>Sila Mary Rodrigues Ferreira, Paola Cordeiro Luparelli, Maria Eliana Madalozzo Schieferdecker, Regina Maria Vilela</i> .....	433
<b>Development of mixed drink of coconut water, pineapple and acerola pulp</b> <i>Ana Carolina da Silva Pereira, Ana Maria de Abreu Siqueira, Josefranci Moraes de Farias, Geraldo Arraes Maia, Raimundo Wilane de Figueiredo, Paulo Henrique Machado de Sousa</i> .....	441

<b>ERRATUM</b> .....	448
----------------------	-----

<b>INFORMATION FOR AUTHORS</b> .....	450
--------------------------------------	-----

<b>GENERAL INDEX OF VOLUME 59, 2009</b> .....	455
---	-----

<b>AUTHORS INDEX</b> .....	460
----------------------------	-----

<b>SUBJECT INDEX</b> .....	466
----------------------------	-----

# Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia

*Ofelia Angulo y Michael O'Mahony*

Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México.  
Department of Food Science and Technology University of California, Davis, California, E.E.U.U.

**RESUMEN.** En las pruebas de diferencia, el desempeño de los jueces varía en función de la prueba utilizada. Esta diferencia se explica a partir del conocimiento sobre la forma en que el cerebro procesa la información que recibe de los sentidos, particularmente el sentido del gusto. En algunas pruebas de diferencia, la información se procesa de manera más eficiente que en otras. El modelo de Thurstone describe las estrategias del cerebro para procesar la información en función del método utilizado. Esta revisión introduce las ideas y los conceptos de este modelo en las mediciones sensoriales derivadas con las pruebas de diferencia. Los conceptos de la variabilidad del estímulo y la estrategia cognitiva correspondiente a cada método de diferencia son la base para el cálculo de la magnitud de la diferencia percibida entre dos estímulos, denominada  $d'$ . Esta medición es fundamental e independiente de la metodología sensorial utilizada.

**Palabras clave:** Evaluación sensorial, pruebas de diferencia, modelo Thurstoniano, teoría de detección de señales, estrategias cognitivas.

**SUMMARY. Thurstone model application to difference sensory tests.** Part of understanding why judges perform better on some difference tests than others requires an understanding of how information coming from the mouth to the brain is processed. For some tests it is processed more efficiently than others. This is described by what has been called Thurstonian modeling. This brief review introduces the concepts and ideas involved in Thurstonian modeling as applied to sensory difference measurement. It summarizes the literature concerned with the theorizing and confirmation of Thurstonian models. It introduces the important concept of stimulus variability and the fundamental measure of sensory difference:  $d'$ . It indicates how the paradox of discriminatory non-discriminators, which had puzzled researchers for years, can be simply explained using the model. It considers how memory effects and the complex interactions in the mouth can reduce  $d'$  by increasing the variance of sensory distributions.

**Key words:** Sensory evaluation, difference tests, Thurstonian models, signal detection theory, cognitive strategies.

## INTRODUCCION

La ciencia progresa a través del desarrollo de teorías y modelos. Hasta hace poco, la ciencia sensorial de los alimentos se consideraba como una compilación de métodos sin fundamento teórico. Se asumía que sí el análisis estadístico de los datos era suficientemente sofisticado, esto compensaría por los problemas asociados con las mediciones sensoriales. Sin embargo, esta suposición no es válida. Independientemente de lo sofisticado del análisis estadístico, nada puede hacer que los defectos en las mediciones sensoriales inapropiadas desaparezcan. Recientemente, este error se ha puesto de manifiesto. Los investigadores han reconocido que las mediciones sensoriales presentan problemas por lo que el énfasis hoy en día es en la aplicación de modelos a la metodología sensorial. El modelo más avanzado, a la fecha, es el de Thurstone.

### Pruebas de diferencia

El modelo de Thurstone fue originalmente aplicado a las pruebas de diferencia. Estas últimas permiten determinar el grado de diferencia o la magnitud de la diferencia entre dos

estímulos confundibles, los cuales son tan parecidos que resulta difícil considerarlos como iguales o diferentes. Este tipo de mediciones sensoriales son importantes en estudios sobre vida útil, reformulación de producto, tipo de empaque, cambio de proceso de producción, etc., así como en programas de control de calidad y desarrollo de nuevos productos.

Las pruebas de diferencia no presentan la misma sensibilidad (1-16). Las investigaciones pueden resultar mostrando diferencias con una metodología y falta de diferencia con otra metodología sensorial. Hay varios reportes donde se compara el desempeño de los jueces utilizando varios protocolos sensoriales para evaluar diferencias. Fue precisamente esta discrepancia en los resultados que propició el desarrollo de teorías y modelos.

Como primer intento, se ha aplicado el modelo Thurstoniano (17,18) y la teoría de detección de señales (19, 20). El modelo Thurstoniano fue originalmente aplicado en las pruebas triangular, dúo-trío y comparación por pares o 2-AFC (prueba de selección forzada de dos alternativas por sus siglas en inglés, (2-Alternative Forced Choice) (21). Posteriormente, se han desarrollado modelos univariados y multivariados para otras pruebas de diferencia (22-47). Estos

modelos han permitido el cálculo del parámetro  $d'$  ( $d'$  prima), que es el índice Thurstoniano de grado de diferencia. El cálculo se realiza a partir de la proporción de respuestas correctas obtenida en la prueba de diferencia correspondiente. Los modelos desarrollados hicieron posible el desarrollo de tablas que relacionan la proporción de respuestas correctas y el parámetro  $d'$  (21, 34,48-52), y dicho modelo y sus aplicaciones se han discutido ampliamente (24, 53-56). La comprensión del modelo se facilita al entender los conceptos de la variabilidad de la percepción sensorial y el índice de discriminación, denominado parámetro  $d'$ .

### Suposiciones del modelo Thurstoniano

El modelo de Thurstone se basa en dos suposiciones: la variabilidad de la percepción sensorial y el establecimiento de la estrategia cognitiva propia de cada prueba sensorial. Para explicar el significado de la primera suposición debemos imaginar la degustación de estímulos. Al evaluar sensorialmente un estímulo 'X', todas las sensaciones emanadas de la degustación del estímulo son enviadas al cerebro a través del sistema nervioso, pero las sensaciones no son constantes. El sistema nervioso presenta fluctuaciones en el número de nervios estimulados por la sensación y por la intensidad de la sensación derivada de la degustación. Esto es el resultado de las diferentes interacciones que tienen lugar en la boca. El sabor del estímulo se diluye con los fluidos orales, que incluyen la saliva que se secreta a diferentes velocidades y la presencia de residuos de la degustación previa. El sistema gustativo se torna insensible a la presencia de estos componentes de tal manera que la intensidad de la degustación y la estimulación transmitida al cerebro varía. Además, el mismo estímulo puede ser heterogéneo, lo que aumenta la variabilidad a la estimulación nerviosa. Así, algunas degustaciones resultarán más intensas y otras menos intensas. Pero, la intensidad promedio de la degustación será la que se presente con mayor frecuencia. La frecuencia con que aparecen las diferentes intensidades de percepción del estímulo puede representarse a través de una distribución normal de frecuencias. La aplicación de la primera suposición del modelo Thurstoniano es la representación de la distribución de la intensidad de la percepción sensorial del estímulo. Al evaluar un segundo estímulo 'Y' diferente al primero, la intensidad de la percepción se espera sea diferente. El nuevo estímulo aumentará la cantidad de estimulación transmitida al cerebro de tal manera que en términos de la distribución de frecuencias puede verse como una nueva distribución con intensidades más altas. El juez puede fácilmente discriminar entre un estímulo y otro, las dos distribuciones de frecuencia son perceptiblemente diferentes.

Sin embargo, al comparar dos estímulos ligeramente diferentes, las distribuciones de frecuencia se superponen entre sí y los estímulos serían confundibles. En el nivel alto de

intensidad de la percepción, el estímulo se identificaría como 'Y', en intensidades bajas se identificaría como 'X'. En intensidades promedio, en donde las distribuciones se superponen, los estímulos se percibirían a veces como 'X', a veces como 'Y', sería difícil identificarlos correctamente. Evidentemente que entre más separadas se representen las dos distribuciones de frecuencia de percepción, más fácil será discriminarlos. Así, el nivel de separación de las distribuciones puede utilizarse como una medida de que tan bien los jueces discriminan entre los dos estímulos. La distancia entre las medias de cada una de las dos distribuciones constituye el parámetro de  $d'$ ; es un término adoptado por ingeniería de comunicaciones. Entre más grande es el valor de  $d'$ , mayor es el grado de diferencia entre los estímulos. La distancia entre las medias se mide en unidades de desviación estándar. Así, cuando el valor de  $d'$  es igual a 1.5 implica que las distribuciones de intensidad de percepción de los estímulos se encuentran separadas por una distancia de 1.5 desviaciones estándar. Prácticamente  $d'$  es una medida de la diferencia entre dos estímulos en términos de la variabilidad del estímulo. Para un ingeniero de comunicaciones es equivalente a la relación señal-ruido.

### Varianza de las distribuciones

La variabilidad de la percepción sensorial de acuerdo al modelo Thurstoniano puede representarse en una distribución normal (Figura 1). Dicho modelo provee mayor información al comparar la varianza de las distribuciones de la percepción sensorial de los productos evaluados. De acuerdo a las distribuciones representadas en la Figura 2, la unidad de medida de  $d'$  es la desviación estándar. Si la desviación estándar aumenta, el valor de  $d'$  disminuye. Así, para una desviación estándar igual a uno, el valor de  $d'$  puede ser igual a dos. Si la desviación estándar se duplica, la unidad de medición también se duplica y el valor de  $d'$  se reduce a la mitad. Cualquier variable experimental que presente desviaciones estándar o varianza elevada, reducirá el valor de  $d'$ . ¿Cuáles son estas variables que incrementan la varianza? En primer lugar, el grado de reacción al estímulo del sistema gustativo puede asumirse como la principal causa que genera la diferencia de percepción entre las dos distribuciones. Jueces con mayor variabilidad en el sistema nervioso, debido a fluctuaciones grandes en la velocidad de activación del sistema nervioso no relacionada con la presencia del estímulo bajo evaluación si no que sólo son estimuladas espontáneamente, presentará una distribución con varianza más grande.

Como resultado, el valor de  $d'$  disminuye. Otra forma de expresar lo mismo es decir que para que dos productos se perciban como diferentes, éstos deben presentar diferencias mayores a la variabilidad aleatoria en el sistema sensorial para un producto dado.

FIGURA 1

Distribuciones de frecuencia que representan estímulos confundibles, con un enfoque de modelo Thurstoniano ilustrando la prueba de comparación por pares

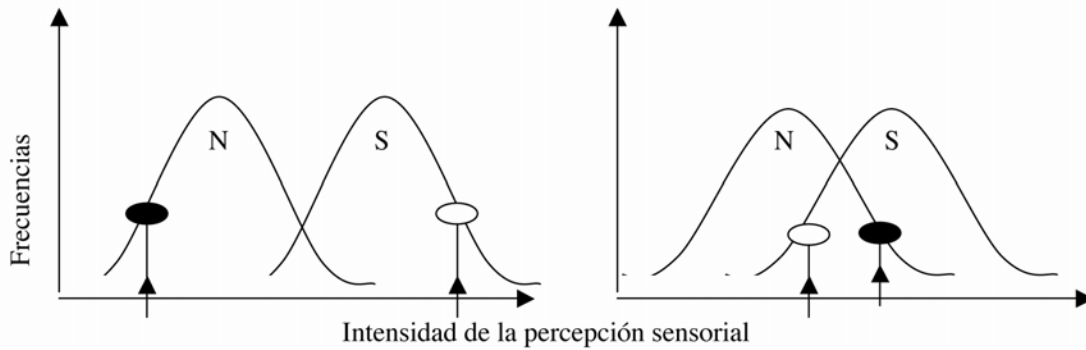
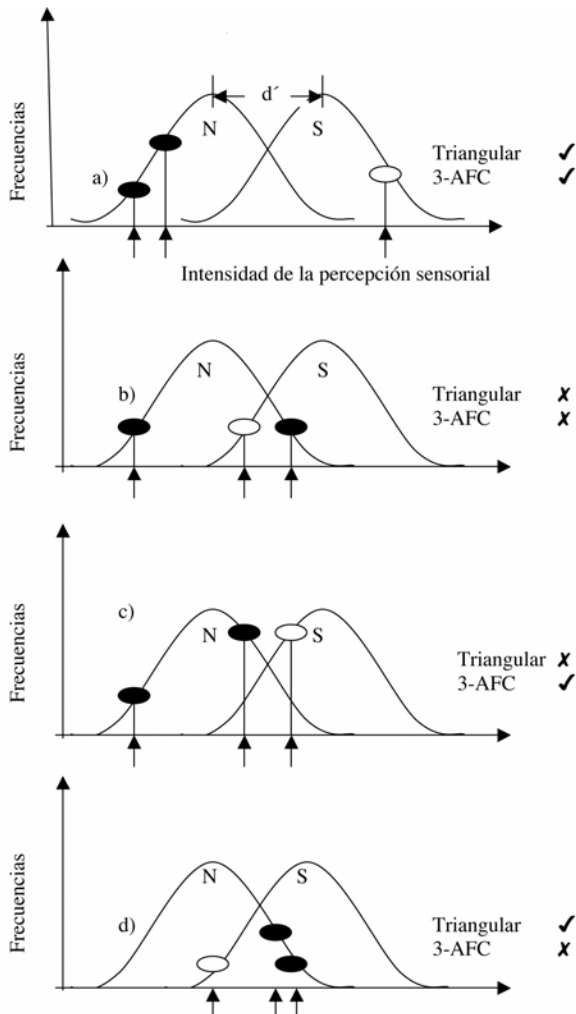


FIGURA 2

Aplicación del modelo de Thurstone a la prueba triangular y 3-AFC



En segundo lugar, las diversas interacciones que ocurren en la cavidad oral también contribuyen en la varianza de manera importante. A mayor varianza, más difícil le resulta al juez detectar diferencias entre los productos a evaluar. De igual manera, si los productos presentan variabilidad en sí mismos, debido a la mala calidad, será más difícil para el juez percibir las diferencias entre los productos. Así, las diferencias entre los productos deben ser superiores a la variabilidad de los mismos productos para reportar diferencias.

Otra fuente de variación es el resultado de la secuencia de las degustaciones de los estímulos. Por ejemplo, al degustar un alimento, seguido de otro alimento de intensidad similar o más intenso al primero, la insensibilidad provocada por el remanente de la primera degustación hará que el segundo alimento se perciba menos intenso de lo que debiera. El efecto será inverso si la secuencia de las degustaciones cambia. Sin embargo, un aumento de la salivación, en la expectoración o en la deglución disminuirá el efecto. De cualquier manera, el efecto estará más o menos presente, aumentando la variabilidad en la distribución (31, 60-63, 65-73).

El efecto de la memoria y el olvido añaden variabilidad a la distribución de percepción de los productos. Las pruebas de diferencia involucran comparar el sabor de un alimento con el recuerdo del alimento previamente degustado. Mientras más tiempo pasa entre las degustaciones, menos preciso será la variabilidad asociada a la memoria del alimento degustado previamente. Este aumento en la variabilidad producirá una reducción en el valor de  $d'$ , lo cual predice que las pruebas de diferencia con tres muestras son menos discriminatorias que las de dos estímulos (13,71,72-76).

**Aplicaciones del modelo**

No es fácil entender el concepto de  $d'$  sin antes usarlo. A fin de tener una idea de lo que representa, es útil saber que cuando  $d'$  es igual a uno representa la diferencia entre dos

estímulos que apenas se perciben como diferentes. La magnitud de la diferencia se dice que está en el umbral de percepción. El concepto se comprende mejor a través de un ejemplo en donde se aplica la prueba de diferencia de comparación por pares.

Imaginemos la situación en la que a un juez se le pide que identifique, entre dos muestras, la que percibe con mayor intensidad en dulzor. Si el juez discrimina fácilmente entre las dos muestras, todas las pruebas de comparación por pares serán correctas (100% de respuestas correctas). Si el juez no discrimina entre las muestras, su respuesta será aleatoria y obtendrá 50% de respuestas correctas. Cuando obtiene 75% de respuestas correctas se encuentra en el umbral de percepción de la diferencia; es decir entre discriminación total (100% de respuestas correctas) y respuesta aleatoria (50% de respuestas correctas). El valor de  $d'$  igual a uno corresponde al 76% de respuestas correctas en una prueba de comparación por pares. El cálculo de  $d'$  toma en cuenta las suposiciones del modelo de Thurstone (49). La Tabla 1 presenta algunos ejemplos de la relación entre el valor de  $d'$  y la proporción de respuestas correctas para diferentes pruebas de diferencia.

TABLA 1  
Valores de  $d'$  en función de la proporción de respuestas correctas y del tipo de prueba de diferencia

Proporción de respuestas correctas (%)	2-AFC	3-AFC	Dúo-Trío	Triangular
50	0	0.56	0	1.47
55	0.18	0.72	0.76	1.72
60	0.36	0.89	1.12	1.98
65	0.55	1.06	1.42	2.23
70	0.74	1.24	1.72	2.5
75	0.95	1.43	2.02	2.8
80	1.19	1.65	2.36	3.13
85	1.47	1.91	2.75	3.52
90	1.82	2.23	3.26	4.03
95	2.33	2.71	4.06	4.8
99	3.29	3.62	5.7	6.09*

\*Valor máximo en tablas corresponde a 98.71% de respuestas correctas

A través de la Figura 1 se puede presentar un ejemplo de la aplicación del modelo. Dicha figura representa las distribuciones de frecuencia de percepción de intensidades de dos estímulos confundibles, pues las distribuciones se superponen. Suponiendo que N representa el estímulo menos intenso y S representa el estímulo más intenso; cuando el juez degusta cualquier estímulo lo puede percibir en un nivel de intensidad cualquiera de la distribución correspondiente. La

tendencia más frecuente es que se perciba a un nivel promedio de intensidad en donde la frecuencia es más alta. Si nos imaginamos que la intensidad del estímulo N, representada por el óvalo negro, se percibe en un nivel bajo de intensidad y que cuando el juez degusta el estímulo S, representado por el óvalo blanco, lo percibe a un nivel de intensidad alto, al contestar la pregunta de cuál de los dos estímulos es más intenso en dulzor, indicará el estímulo S, y se le calificará correctamente (Figura 1, lado izquierdo). Al considerar nuevamente la figura 1, en esta degustación el sistema nervioso esta un poco más activo de tal manera que al degustar el estímulo N, lo percibe a un nivel más alto de intensidad del atributo (óvalo negro). Por otro lado, al degustar el estímulo S, el sistema nervioso se encuentra en un nivel de estimulación bajo, de tal manera que el nivel de intensidad de percepción se encuentra en la parte menos intensa de la distribución S (óvalo blanco). Si le pregunta sobre cuál de los dos estímulos es más intenso en dulzor, elegirá el estímulo N, dando un resultado incorrecto (Figura 1, lado derecho). Así, algunas veces el juez acierta en su respuesta, otras no. Esta es la situación durante la degustación de estímulos confundibles que normalmente son evaluados por pruebas de diferencia. Entre más se superponen las dos distribuciones (menor valor de  $d'$ ), mayor la probabilidad de error de los jueces. Al repetir este mismo ejercicio 100 mil veces a través de modelo de simulación Monte Carlo, se estimaría la proporción de veces que la prueba de comparación por pares se acierta para un valor de  $d'$  en particular. Este mismo ejercicio se repetiría para toda una serie de valores de  $d'$ . Lo que daría origen a una tabla en donde se relacionan la proporción de respuestas correctas y el valor de  $d'$  (49).

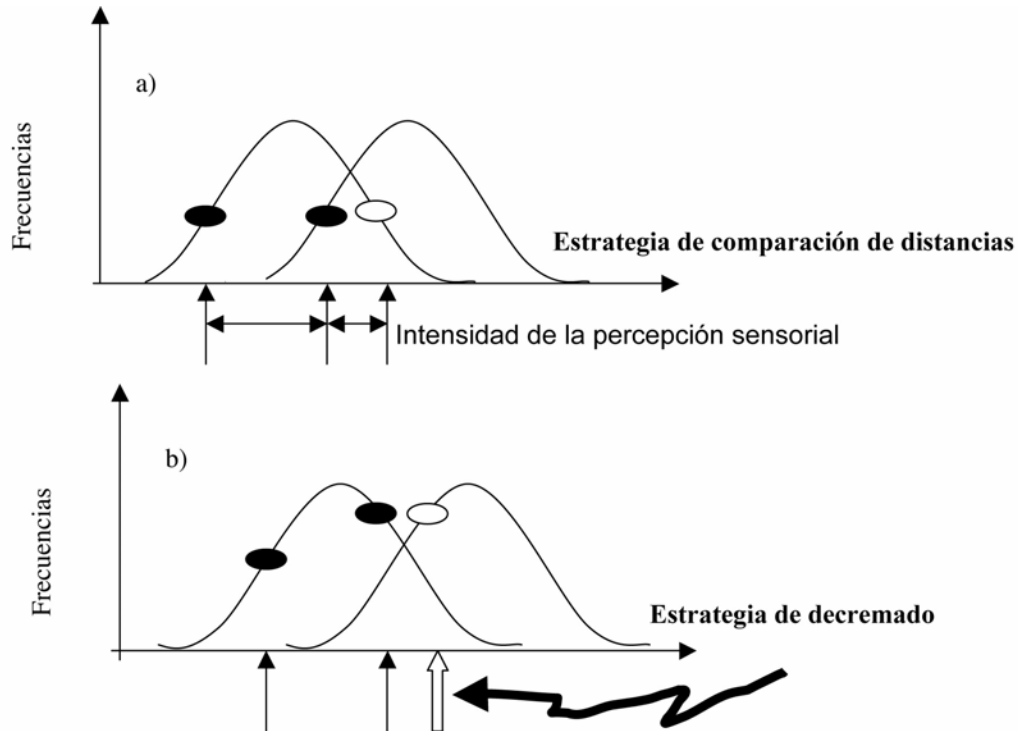
Este mismo ejercicio puede representarse para las diferentes pruebas de diferencia, dando como resultado tablas que correlacionan la proporción de respuestas correctas con el valor correspondiente de  $d'$ . Esto quiere decir que las pruebas de diferencia como la prueba de comparación por pares y la prueba triangular pueden compararse directamente aún cuando la probabilidad de respuesta al azar de ambas pruebas es diferente. El parámetro  $d'$  permite la comparación de pruebas de diferencia con probabilidades de respuesta aleatoria diferentes, algo que no se podría hacer al aplicar el modelo binomial. Por lo tanto,  $d'$  es una medición básica, fundamental pues es independiente de la metodología aplicada.

### La paradoja de las pruebas discriminatorias

Al aplicar las diferentes pruebas de diferencia para evaluar el mismo par de estímulos, algunas pruebas permiten discriminar mientras que con otras no se reportan diferencias entre los estímulos. Esta paradoja de resultados puede ejemplificarse a través de las pruebas triangular y 3-AFC (Figura 3).

FIGURA 3

Ilustración de las dos estrategias cognitivas o reglas de decisión usadas durante pruebas de diferencia: comparación de distancia vs. descremado



En la prueba triangular se presentan tres estímulos al juez; en donde dos de las muestras corresponden al mismo estímulo y una muestra corresponde al otro estímulo (muestra diferente). La tarea del juez es degustar las tres muestras e identificar la muestra que es diferente. En la prueba 3-AFC (3-alternative forced choice), la tarea es ligeramente diferente. El juez degusta las tres muestras pero ahora se le indica el atributo en el que difieren las muestras. El juez debe identificar la muestra con mayor intensidad en el atributo a evaluar. Por ejemplo, al evaluar la acidez en dos muestras de café usando la prueba 3-AFC, el juez degusta las tres muestras y se le pide identificar la muestra de café con mayor intensidad en acidez. Los resultados de la aplicación de las pruebas triangular y 3-AFC reportan mejor desempeño de los jueces cuando utilizan la prueba 3-AFC. Esta diferencia en el desempeño de los jueces se reportó por primera vez en 1937 por Abrahams y colaboradores (57) y durante muchos años no se pudo explicar. Años más tarde, se le conoció como la paradoja de las pruebas de diferencia (discriminatorias y no-discriminatorias) (8). Es posible que se atribuya el mejor desempeño de la prueba 3-AFC al hecho de que el juez conoce el atributo a evaluar. Sin embargo, ésta no es la explicación. Hay otras pruebas sensoriales en donde el juez se desempeña mejor cuando

desconoce el atributo que cambia (58). No fue sino hasta 1979 que Frijters (35, 36) encontró la solución a la paradoja, a través de los conceptos del modelo de Thurstone. La solución es la siguiente.

Si se considera nuevamente los estímulos N y S de la Figura 2, siendo dos estímulos del tipo N y un estímulo del tipo S, ligeramente más intenso. Los dos estímulos denotados con los óvalos negros pertenecen a la distribución del estímulo N, mientras que el óvalo blanco pertenece a la distribución del estímulo S. Al considerar la parte superior de la Figura 2 (Figura 2a), se observa que los dos estímulos (óvalos negros) se encuentran en la parte central y baja de la distribución N, el estímulo de mayor intensidad S, se denota por el óvalo blanco. Al aplicar la prueba triangular, el juez deberá identificar la muestra diferente y elegirá el estímulo S, pues es el más alejado de los dos estímulos representados por los óvalos negros. Al aplicar la prueba 3-AFC, deberá identificar la muestra más intensa y elegirá el estímulo S, pues es el más alejado a la derecha en el eje de intensidad de percepción. De tal manera que en este ejercicio en ambas pruebas se reportan respuestas correctas.

Al considerar las distribuciones de la Figura 2b, se observa que un estímulo se asocia con la parte izquierda de menor frecuencia de la distribución N y el otro se localiza en la parte

cercana a la frecuencia más intensa. El estímulo S por otro lado, se localiza en la parte más baja de intensidad de su distribución; en realidad se localiza a un nivel de intensidad más bajo que uno de los estímulos N. Al aplicar la prueba triangular, el juez elegirá la muestra más alejada y en este caso será el estímulo negro de la izquierda de la distribución N. Con la prueba 3-AFC, al identificar la muestra de mayor intensidad de percepción, elegirá el estímulo más alejado en el eje de intensidad, es decir el estímulo del óvalo negro. En ambos casos, la respuesta es incorrecta. Sin embargo, el error no es el mismo. Las pruebas sensoriales triangular y 3-AFC no son equivalentes.

Al considerar las distribuciones de la Figura 2c, uno de los estímulos representados con los óvalos negros se localiza en la parte baja en intensidad de la percepción del estímulo N y el segundo se localiza en la parte alta de la distribución. El estímulo S (óvalo blanco), ubica la intensidad de percepción en la parte baja de la distribución. Con la prueba triangular, el juez identificará el estímulo N ubicado en la parte baja de la distribución como la muestra diferente, pues es la muestra más alejada de las otras dos. Desde luego que esta respuesta es incorrecta. Con la prueba 3-AFC, el juez identificará la muestra S como la muestra de mayor intensidad de percepción, pues es la muestra más a la derecha en el eje de intensidad del atributo. Esta respuesta es correcta. Es así que a partir de la misma información que el cerebro recibe de los sentidos, el juez toma una decisión correcta con la prueba 3-AFC e incorrecta con la prueba triangular. Sin embargo, la sensibilidad del juez es la misma. Esta discrepancia en los resultados se debe a que el juez realiza la toma de decisión de manera diferente en cada prueba. El proceso de toma de decisión con la prueba 3-AFC es más eficiente.

Finalmente, al analizar la Figura 2d se observa que los estímulos están totalmente intercambiados. Este suceso es raro. Sin embargo, en esta situación la prueba triangular resultaría correcta y la 3-AFC incorrecta.

Al modelar estos escenarios con estímulos que presentan grado de discriminación correspondiente al valor de  $d'$  igual a uno y para una muestra de 100 000, el escenario ilustrado en el caso (a) aparece 37% de las veces; el caso (b) ocurre 32% de las veces; el caso (c) aparece 26% de las veces, y el caso (d) ocurre 5% de las veces. Así, para estímulos con el mismo grado de discriminación (igual valor de  $d'$ ), el desempeño de la prueba 3-AFC será superior al de la prueba triangular. La explicación teórica de Frijters's (35), sobre la paradoja de las pruebas de diferencia, hizo necesaria la confirmación experimental. Fue necesario demostrar experimentalmente que para el mismo grupo de jueces que degusta el mismo par de estímulos reporta proporción de respuestas correctas mayores utilizando la prueba 3-AFC que con la prueba triangular (59-63). Por ejemplo, para  $d'$  igual a uno, se espera 42% de respuestas correctas con la prueba triangular y 63% de

respuestas correctas con la prueba 3-AFC.; para  $d'$  igual a dos, la proporción de respuestas correctas será 60 y 87%, respectivamente. Estos valores están disponibles en tablas que relacionan la proporción de respuestas correctas con el valor de  $d'$  para cada prueba de diferencia (49). Es interesante recordar que la probabilidad de respuesta al azar en ambas pruebas es la misma: 33.33%. Las pruebas estadísticas que se basan en la probabilidad de respuesta al azar como la prueba binomial y  $\pm 2$  no consideran el desempeño superior de la prueba 3-AFC con respecto a la prueba triangular. El análisis basado en el modelo de Thurstone y el cálculo de  $d'$  es más revelador. La significancia estadística de  $d'$  también puede estimarse (64).

La prueba de comparación por pares y la prueba dúo-trío también pueden modelarse de la misma manera. En éstas, el desempeño de la prueba de comparación por pares es superior al de la prueba dúo-trío, aun cuando el valor de  $d'$  es el mismo. Así, para muestras con valor de  $d'$  igual a uno, se espera 58% de respuestas correctas con la prueba dúo-trío y 76% con la prueba de comparación por pares. Para  $d'$  igual a dos, la proporción de respuestas correctas será 75% para dúo-trío y 92% para comparación por pares.

### Estrategias cognitivas

¿Porqué la prueba 3-AFC y la prueba de comparación por pares permiten un desempeño superior en los jueces? La explicación se resume a través de las estrategias cognitivas que utiliza el juez en las pruebas triangular y 3-AFC (Figura 3). En la prueba triangular, el juez ubica la muestra diferente como la que más se aleja de las otras dos muestras. Esta tarea la realiza comparando las distancias entre los estímulos en el eje de intensidad de la percepción. Esta estrategia se denomina 'comparación de distancias' (Figura 3). En la prueba dúo-trío, los jueces también aplican la estrategia de comparación de distancias.

En la prueba 3-AFC, el juez elige la muestra de mayor intensidad de percepción. Esta estrategia se conoce como 'descremado' porque el estímulo de mayor intensidad es eliminado de la misma manera que se elimina la espuma de la cerveza (Figura 3). La prueba de comparación por pares utiliza la estrategia cognitiva de descremado. En el análisis de la Figura 3 se observa que la estrategia de descremado es más eficiente que la de comparación de distancias.

Cuando estos principios no se comprenden, se puede llegar a conclusiones erróneas. Si un panel reporta 90% de respuestas correctas en la prueba de comparación por pares puede concluirse que la diferencia entre los productos evaluados es más grande que la diferencia reportada por un panel con 80% de respuestas correctas usando la prueba dúo-trío. Estadísticamente hablando, esta conclusión es lógica pues ambas pruebas tienen la misma probabilidad de respuesta al azar. Sin embargo, la prueba de comparación por pares opera

con la estrategia de descremado (más eficiente) y la dúo-trío con la estrategia de comparación de distancias (menos eficiente). Para que la prueba dúo-trío resulte en un 80% de respuestas correctas, la diferencia entre las muestras, estimada por el parámetro  $d'$ , deberá ser igual a 2.36. En la prueba de comparación por pares, 90% de respuestas correctas, corresponde a una diferencia entre los estímulos de 1.82. En consecuencia, a pesar de lo esperado estadísticamente con la probabilidad de respuesta al azar, la diferencia estimada con la prueba dúo-trío es mayor que la estimada con la prueba de comparación por pares.

### Poder estadístico

La potencia estadística de una metodología se entiende como la capacidad para reportar diferencias cuando estas existen. La eficiencia de las estrategias cognitivas de las pruebas de diferencia puede ilustrarse a través de la potencia estadística. Los resultados de la medición indican que para un valor de  $d'$  igual a uno, 5% de significancia estadística y con 90% de potencia (capacidad de detectar diferencias 90% de las veces), la prueba 3-AFC requiere 21 comparaciones para declarar diferencias mientras que con la prueba triangular requiere 276 evaluaciones. El número de evaluaciones requeridas para la prueba de comparación por pares y dúo-trío es 27 y 310, respectivamente. Estos valores claramente ilustran la diferencia masiva en potencia estadística entre las pruebas sensoriales que aplican la estrategia de descremado y la estrategia de comparación de distancias.

### CONCLUSIONES

El modelo Thurstoniano permite comprender las bases de las pruebas discriminatorias o de diferencia. Uno de los aspectos más relevantes puede ser la variabilidad de la percepción de los estímulos. Es decir, un alimento que se degusta de manera rápida y repetitiva no se percibe exactamente con la misma intensidad en cada degustación. La variabilidad en la percepción sensorial constituye el principal fundamento del modelo Thurstoniano. Este supuesto provee de una medición básica de la diferencia entre dos estímulos confundibles a través del parámetro  $d'$  ( $d'$  prima), que es independiente de la prueba de diferencia utilizada. La capacidad para determinar mediciones básicas o fundamentales es esencial para cualquier disciplina científica. Las mediciones de desempeño, como la proporción de respuestas correctas no son independientes de la metodología sensorial. El desempeño del juez con la prueba 3-AFC es mejor que con la prueba triangular, mientras que la sensibilidad ( $d'$ ) para ambas pruebas es la misma. Finalmente, la consideración de la varianza de las distribuciones permite explicar las variables experimentales asociadas a la memoria y la secuencia de las degustaciones.

Los ejemplos de las distribuciones mencionados son univariados y tienen que ver con pruebas de diferencia. Pero los mismos conceptos aplican para mediciones de intensidad con escalas, para pruebas de diferencias multivariadas, para estadística multivariada o para mapeo de productos. El modelo de Thurstone es una estructura poderosa para entender los mecanismos de la medición sensorial.

### REFERENCIAS

1. Braun V, Rogeaux M, Schneid N, O'Mahony M, Rousseau B. Corroborating the 2-AFC and 2-AC Thurstonian models using both a model system and sparkling water. *Food Qual. Pref.* 15: 501-507;2004.
2. Byer AJ, Abrams D. A comparison of the triangular and two-sample taste-test methods. *Food Technol.* 7: 185-187;1953.
3. Dawson EH, Dochterman E. A comparison of sensory methods of measuring differences in food qualities. *Food Technol.* 5: 79-81;1951.
4. Filippello F. A critical comparison of the two-sample and triangular binomial designs. *Food Res.* 21: 235-241;1956.
5. François P, Sauvageot F. Comparison of the efficiency of pair, duo-trío and triangle tests. *J. Sens. Stud.* 3: 1-94;1988.
6. Gridgeman NT. Taste comparisons: Two samples or three? *Food Technol.* 9: 148-150;1955.
7. Gridgeman NT. Group size in taste sorting trials. *Food Res.* 21: 534-539;1956.
8. Gridgeman NT. A re-examination of the two-stage triangle test for the perception of sensory differences. *J. Food Sci.* 35: 87-91;1970.
9. Grim AC, Goldblith SA. Some observed discrepancies in application of the triangle test to evaluation of irradiated whole egg magma. *Food Technol.* 19: 146 ;1965.
10. Helm E, Trolle B. Selection of a taste panel. *Wallerstein Lab. Communications* 9:181-194 (1946)
11. Hopkins JW. Some observations on sensitivity and repeatability of triad taste difference tests. *Biometrics* 10: 521-530;1954.
12. Hopkins JW, Gridgeman NT. Comparative sensitivity of pair and triad flavor intensity difference tests. *Biometrics* 11: 63-68;1955.
13. Lau S, O'Mahony M, Rousseau B. Are three-sample tasks less sensitive than twosample tasks? Memory effects in the testing of taste discrimination. *Percept. Psychophys.* 66: 464-474;2004.
14. O'Mahony M, Wong SY, Odbert N. Sensory difference tests: Some rethinking concerning the general rule that more sensitive tests use fewer stimuli. *Lebensm.-Wiss. u. Technol.* 19: 93-94;1986.
15. Pokorny J, Marcín A, Davídek J. Comparison of the efficiency of triangle and tetrad tests for discriminatory sensory analysis of food. *Die Nahrung* 25: 561-564;1981.
16. Wasserman AE, Talley F. A sample bias in the evaluation of smoked frankfurters by the triangle test. *J. Food Sci.* 34: 99-100;1969.
17. Thurstone LL. A law of comparative judgment. *Psychol. Rev.* 34: 273-286;1927<sup>a</sup>.
18. Thurstone LL. Psychophysical analysis. *Am. J. Psychol.* 38: 368-389;1927<sup>b</sup>.

19. Green DM, Swets JA. *Signal Detection Theory and Psychophysics*. John Wiley & Sons, NY, USA. 1966.
20. Macmillan, N.A. and Creelman, C.D. *Detection Theory: A User's Guide*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1991.
21. Ura S. Pair, triangle and dúo-trío test. *Reports of Statistical Application Res. Japanese Union of Scientists and Engineers* 7: 107-119;1960.
22. Ennis DM. Confusable and discriminable stimuli: Comment on Nosofsky (1986) and Shepard (1986). *J. Exptl. Psychol. Gen.* 117: 408-411;1988<sup>a</sup>.
23. Ennis DM. Multivariate sensory analysis. *Food Technol.* 42: 118-122;1988b.
24. Ennis DM. Relative power of difference testing methods in sensory evaluation. *Food Technol.* 44: 114-118;1990.
25. Ennis DM. Modeling similarity and identification when there are momentary fluctuations in psychological magnitude. pp. 279-298. In: *Multidimensional models of perception and cognition*. Ashby FG (ed). Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, USA. 1992.
26. Ennis DM, Mullen K. The effect of dimensionality on results from the triangular method. *Chem. Senses* 10: 605-608; 1985.
27. Ennis DM, Mullen K. A multivariate model for discrimination methods. *J. Math. Psychol.* 30: 206-219;1986<sup>a</sup>.
28. Ennis DM, Mullen K. Theoretical aspects of sensory discrimination. *Chem. Senses* 11: 513-522;1986b.
29. Ennis DM, Mullen K. A general probabilistic model for triad discrimination, preferential choice, and two-alternative identification. pp. 115-122. In: *Multidimensional models of perception and cognition*. Ashby FG (ed). Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, USA. 1992<sup>a</sup>.
30. Ennis DM, Mullen K. Probabilistic psychophysics with noisy stimuli. *Math. Soc. Sci.* 23: 221-234;1992b.
31. Ennis DM, O'Mahony M. Probabilistic models for sequential taste effects in triadic choice. *J. Exptl. Psychol.-Human Perception and Performance* 21: 1088-1097;1995.
32. Ennis DM, Mullen K, Frijters JER. Variants of the method of triads: Unidimensional Thurstonian models. *Brit. J. Math. Stat. Psychol.* 41: 25-36;1988<sup>a</sup>.
33. Ennis DM, Palen JJ, Mullen K. A multidimensional stochastic theory of similarity. *J. Math. Psychol.* 32: 449-465;1988b.
34. Ennis JM, Ennis DM, Yip D, O'Mahony M. Thurstonian models for variants of the method of tetrads. *Brit. J. Math. Stat. Psychol.* 51, 205-215;1998.
35. Frijters JER. The paradox of discriminatory nondiscriminators resolved. *Chem. Senses Flavor* 4: 355-358;1979<sup>a</sup>.
36. Frijters, J.E.R. Variations of the triangular method and the relationship of its unidimensional probabilistic models to three-alternative forced-choice signal detection theory models. *Brit. J. Math. Stat. Psychol.* 32: 229-241;1979b.
37. Frijters JER. Three-stimulus procedures in olfactory psychophysics: An experimental comparison of Thurstone-Ura and three-alternative forced-choice models of Signal Detection theory. *Percept. Psychophys.* 28: 390-397;1980.
38. Frijters JER. The excitatory state in the triangular constant method. *Psychometrika* 46: 219-222;1981<sup>a</sup>.
39. Frijters, J.E. An olfactory investigation of the compatibility of oddity instructions with the design of a 3-AFC Signal Detection task. *Acta Psychol.* 49: 1-16;1981b.
40. Kapenga JA, de Doncker E, Mullen K, Ennis DM. The integration of the multivariate normal density function for the triangular method. pp. 321-328. In *Numerical Integration: Recent Developments, Software, and Applications*. Keast P, Fairweather G (ed). D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holland.1987.
41. Mosteller F. Remarks on the method of paired comparisons: I. The least squares solution assuming equal standard deviations and equal correlations. *Psychometrika* 16: 3-9;1951<sup>a</sup>.
42. Mosteller F. Remarks on the method of paired comparisons: II. The effect of an aberrant standard deviation when equal standard deviations and equal correlations are assumed. *Psychometrika* 16: 203-206;1951b.
43. Mosteller F. Remarks on the method of paired comparisons: III. A test of significance for paired comparisons when equal standard deviations and equal correlations are assumed. *Psychometrika* 16: 207-218;1951c.
44. Mullen K, Ennis DM. Mathematical formulation of multivariate Euclidean models for discrimination methods. *Psychometrika* 52: 235-249;1987.
45. Mullen K, Ennis DM. A simple multivariate probabilistic model for preferential and triadic choices. *Psychometrika* 56: 69-75;1991.
46. Mullen K, Ennis DM, de Doncker E, Kapenga JA. Models for the dúo-trío and triangular methods. *Biometrics* 44: 1169-1175;1988.
47. Vessereau A. Les méthodes statistiques appliquées au test des caracteres organoleptiques. *Ann. Nutr.* 19: 103-140;1965.
48. Elliott PB. Tables of  $d'$ . pp. 651-684. In: *Signal Detection and Recognition by Human Observers; Contemporary Readings*. Swets JA (ed). John Wiley and Sons, NY, USA;1964.
49. Ennis DM. The power of sensory discrimination methods. *J. Sens. Stud.* 8: 353-370;1993.
50. Frijters JE. Expanded tables for conversion of a proportion of correct responses ( $P_c$ ) to the measure of sensory difference ( $d'$ ) for the triangular method and the 3-alternative forced choice procedure. *J. Food Sci.* 47: 139-143;1982.
51. Frijters JER, Kooistra A, Vereijken PFG. Tables of  $d'$  for the triangular method and the 3-AFC Signal Detection procedure. *Percept. Psychophys.* 27: 176-178;1980.
52. Hacker MJ, Ratcliff R. A revised table of  $d'$  for M-alternative forced choice. *Percept. Psychophys.* 26: 168-170;1979.
53. O'Mahony M. Understanding discrimination tests: A user-friendly treatment of response bias, rating and ranking R-index tests and their relationship to signal detection. *J. Sens. Stud.* 7: 1-47;1992.
54. O'Mahony M. Who told you the triangle test was simple? *Food Qual. Pref.* 6:227-238;1995.
55. doxes and cognitive strategies. *J. Sens. Stud.* 9: 247-272;1994.
56. O'Mahony M, Rousseau B. Discrimination testing: A few ideas, old and new. *Food Qual. Pref.* 14: 157-164;2002.
57. Abrahams H, Krakauer D, Dallenbach KM. Gustatory adaptation to salt. *Am. J. Psychol.* 49: 462-469 (1937).
58. Yip DH. Triadic and tetradic taste discrimination testing: Thurstonian and sequential effects. MS Thesis, University of California, Davis, CA, USA;1996.

59. Delwiche J, O'Mahony M. Flavour discrimination - An extension of Thurstonian paradoxes to the tetrad method. *Food Qual. Pref.* 7: 1-5;1996.
60. Masuoka S, Hatjopoulos D, O'Mahony M. Beer bitterness detection: Testing Thurstonian and Sequential Sensitivity Analysis models for triad and tetrad methods. *J. Sens. Stud.* 10: 295-306;1995.
61. Rousseau B, O'Mahony M. Sensory difference tests: Thurstonian and SSA predictions for vanilla flavored yogurts. *J. Sens. Stud.* 12: 127-146;1997.
62. Stillman JA. Response selection, sensitivity, and taste-test performance. *Percept. Psychophys.* 54: 190-194;1993.
63. Tedja S, Nonaka R, Ennis DM, O'Mahony M. Triadic discrimination testing -Refinement of Thurstonian and Sequential Sensitivity Analysis approaches. *Chem. Senses* 19: 279-30;1994.
64. Bi J, Ennis DM, O'Mahony M. How to estimate and use the variance of  $d'$  from difference tests. *J. Sens. Stud.* 12: 87-104;1997.
65. Dessirier J-M, O'Mahony M. Comparison of  $d'$  values for the 2-AFC (paired comparison) and 3-AFCdiscrimination methods: Thurstonian models, sequential sensitivity analysis and power. *Food Qual. Pref.* 10: 51-58;1999.
66. Dessirier J-M, Sieffermann J-M, O'Mahony M. Taste discrimination by the 3-AFC method: testing sensitivity predictions regarding particular tasting sequences based on the sequential sensitivity analysis model. *J. Sens. Stud.* 14: 271-287;1999.
67. O'Mahony M. Salt taste adaptation: the psychophysical effects of adapting solutions and residual stimuli from prior tastings on the taste of sodium chloride. *Perception* 8: 441-476;1979.
68. O'Mahony M, Goldstein LR. Effectiveness of sensory difference tests: Sequential Sensitivity Analysis for liquid food stimuli. *J. Food Sci.*, 51: 1550-1553;1986.
69. O'Mahony M, Goldstein LR. Tasting successive salt and water stimuli: the roles of adaptation, variability in physical signal strength, learning, supra- and subadapting signal detectability. *Chem. Senses* 12: 425-436;1987.
70. O'Mahony M, Odbert N. A comparison of sensory difference procedures: sequential Sensitivity Analysis and aspects of taste adaptation. *J. Food Sci.* 50:1055-1058;1985.
71. Rousseau B, Meyer A, O'Mahony M. Power and sensitivity of the same-different test: Comparison with triangle and duo-trio methods. *J. Sens. Stud.* 13: 149-173;1998.
72. Rousseau B, Rogeaux M, O'Mahony M. Mustard discrimination by same-different and triangle tests: aspects of irritation, memory and  $\delta$  criteria. *Food Qual. Pref.* 10:173-184;1999.
73. Vié A, O'Mahony M. Triangular difference testing: Refinements to Sequential Sensitivity Analysis for predictions for individual triads. *J. Sens. Stud.* 4: 87-103;1989.
74. Avancini de Almeida TC, Cubero E, O'Mahony M. Same-different discrimination tests with interstimulus delays up to one day. *J. Sens. Stud.* 14: 1-18;1999.
75. Cubero E, Avancini de Almeida TC, O'Mahony M. Cognitive aspects of difference testing: Memory and interstimulus delay. *J. Sens. Stud.* 10: 307-324;1995.
76. Rousseau B, Stroh S, O'Mahony M. Investigating more powerful discrimination tests with consumers: effects of memory and response bias. *Food Qual. Pref.* 13:39-45;2002.

Recibido: 10-12-2008

Aceptado: 12-05-2009

## Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales

Ana María Domínguez-Vergara, Luz Vázquez-Moreno, Gabriela Ramos-Clamont Montfort

Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora, México

**RESUMEN.** Las enfermedades gastrointestinales siguen siendo un problema de salud pública mundial. El avance de la ciencia muestra que cambios en el balance adecuado de la microflora intestinal (MI) juegan un papel crucial en la patogénesis. La evidencia apunta a que una manera de modular esta MI es a través del uso de oligosacáridos prebióticos, que estimulan el crecimiento de bacterias benéficas y que a la vez aumentan la resistencia a la invasión por patógenos. Estudios con animales indican que el consumo de carbohidratos prebióticos podría estar implicado en la prevención y tratamiento de diarreas. En infantes humanos sanos, los estudios revelan que el consumo de mezclas de prebióticas (galactooligosacáridos/fructooligosacáridos, inulina/galactooligosacáridos) disminuyen la incidencia de fiebre, de infecciones y de patógenos gastrointestinales. Lo anterior representa un gran potencial para los alimentos funcionales que los contienen, principalmente las fórmulas infantiles. Sin embargo, los estudios de prevención de diarreas mediante el suministro de prebióticos en personas con una microflora intestinal alterada no son concluyentes, sobre todo aquellos practicados en ancianos, personas con problemas crónicos de inflamación intestinal y personas con diarreas asociadas a la toma de antibióticos. Lo anterior nos indica la necesidad de estudios bioquímicos y microbiológicos más profundos en humanos de diferentes edades y condiciones de salud intestinal, a fin de determinar en que condiciones, los prebióticos tienen algún efecto sobre las infecciones.

**Palabras clave:** Oligosacáridos prebióticos, inulina, fructooligosacáridos, galactooligosacáridos, infecciones.

### INTRODUCCION

Las infecciones gastrointestinales siguen siendo un problema importante de salud a pesar de los avances de la medicina. La incidencia mundial de decesos causados por este tipo de enfermedades supera a las 3 millones de muertes/año. Aunque el problema se agudiza en los países en desarrollo, también se presenta en países industrializados, donde la incidencia de infecciones intestinales afecta aproximadamente al 10% de la población. Las bacterias enteropatógenas son las principales causantes de estas infecciones. En la mayoría de las personas, estos microorganismos provocan una gastroenteritis que puede curarse con los medicamentos y la rehidratación adecuada. Sin embargo, en poblaciones desprotegidas, como ancianos, niños, personas con inflamación crónica intestinal y personas inmuno-

**SUMMARY. Role of prebiotic oligosaccharides in prevention of gastrointestinal infections: a review.** Gastrointestinal disorders are still a main world public health problem. Scientific progress shows that an inadequate balance in intestinal microbiota (IM) plays a crucial role in its pathogenesis. Evidence indicates that one way to modulate the IM is through the use of prebiotics. These oligosaccharides stimulate the growth of beneficial bacteria and increase the resistance to invading pathogens. Research using animals shows that the consumption of prebiotics could be implicated in prevention and treatment of diarrhea. Studies in healthy infants also indicate that the consumption of prebiotic mixtures (galactooligosaccharides/fructooligosaccharides, inulin/galactooligosaccharides) decreases the incidence of fever, infections and pathogens. These results represent a great potential for functional foods that contain prebiotics, mainly the infant formulas. However, results of other clinical studies for prebiotics effects on diarrhea are not conclusive. Specially those studies that include patients with an altered IM (like the elderly), patients with chronic intestinal inflammation and with diarrhea associated to antibiotic treatments. There is a need for more biochemical and microbiological studies in humans at different ages and intestinal health conditions, in order to determine when prebiotics may effectively function on infections.

**Key words:** Prebiotic oligosaccharides, inulin, fructooligosaccharides, galactooligosaccharides, infections.

comprometidas, el problema puede agravarse, pudiendo derivar hasta en una septicemia que conduzca a la muerte.

El descubrimiento y la aplicación de los antibióticos para el control de las infecciones intestinales ha sido uno de los grandes avances médicos del siglo XX. Sin embargo, el mal uso y el abuso de éstos, ha provocado el aumento de la resistencia bacteriana. De allí la importancia de buscar alternativas para prevenir y/o tratar las infecciones. Una opción prometedora se basa en la modulación de la microflora intestinal (MI) a través de la dieta. En esta revisión se analizará el efecto de los carbohidratos prebióticos en la modulación de la MI con el fin de prevenir y/o tratar infecciones gastrointestinales.

### Microflora intestinal y salud

El intestino humano es el hábitat natural de una población diversa y dinámica de microorganismos que, a través de la evolución, se han adaptado para vivir y colonizar las mucosas y el lumen intestinal. Esta microflora intestinal, está compuesta por más de 400 especies diferentes (1,2). Además, difiere cuali y cuantitativamente en los distintos segmentos del tracto gastrointestinal. En el estómago y el duodeno la concentración bacteriana llega hasta  $10^3$  UFC/mL; en el yeyuno e ileon habitan en promedio de  $10^4$  a  $10^8$  UFC/mL, mientras que en el colon se encuentra la mayor cantidad de microorganismos, que va desde  $10^9$  hasta  $10^{12}$  UFC/mL (3). La mayor cantidad de anaerobias se localiza en el colon, estratificada a su vez horizontalmente, por lo que se distingue entre la MI adherida a las mucinas, a las criptas y a los colonocitos (3,4).

En los humanos, la forma de nacer influye en la composición de la microflora. Los recién nacidos por cesárea presentan conteos menores de lactobacilos y bifidobacterias (L y B) y mayores de coliformes y estreptococos, que los nacidos por vía vaginal (3,5). Otro factor que influye en la composición de la MI es la alimentación del neonato. Las bifidobacterias y lactobacilos predominan en los niños que han sido alimentados con leche materna, mientras que en bebés alimentados con fórmula prevalecen coliformes, enterococos y bacteroides (1,6). El avance de la ciencia nos ha indicado la conveniencia de que nuestro intestino se colonice con bacterias L y B. Es por ello que en la actualidad se investiga la incorporación de estimuladores de su crecimiento (prebióticos), en las fórmulas infantiles. Entre los prebióticos más importantes se encuentran algunos oligosacáridos no digeribles.

La interacción entre las L y B y su hospedador, es una relación simbiótica en la que el humano provee al microorganismo de un hábitat rico en nutrientes, mientras que las L y B le confieren importantes beneficios (5,7). Entre estos últimos destacan aspectos de nutrición (producción de ácidos grasos de cadena corta, promoción de la absorción de iones, producción de aminoácidos y vitaminas), protección (barrera que impide la invasión de patógenos) e importantes efectos tróficos sobre el epitelio intestinal y el sistema inmune mucosal (7,8). Por ello, la microflora intestinal es considerada actualmente como un órgano con funciones comparables en importancia a las del hígado (1,9,10).

En el momento en que se rompe la relación del hospedador con su microflora benéfica, como sucede por ejemplo, ante una infección gastrointestinal o después del uso prolongado de antibióticos, se afecta el equilibrio del organismo (10). Ello produce cambios patológicos importantes que se relacionan con procesos inflamatorios, autoinmunes e infecciosos, entre otros (1,4). Debido a lo anterior, es importante conservar la homeostasis intestinal, a través del balance microbiano. Una alternativa es a través del uso de oligosacáridos prebióticos (6,7).

### Oligosacáridos prebióticos

Un oligosacárido prebiótico es un carbohidrato que permite cambios específicos en la composición y/o actividad de la microflora intestinal responsable del bienestar y de la salud de su hospedador (11-13). Estos compuestos no son digeridos por el humano y por tanto llegan intactos hasta el colon donde sirven de alimento para aquellas bacterias que expresan enzimas como la  $\beta$ -fructofuranosidasa, la  $\alpha$ - y  $\beta$ -galactosidasas, la xylanasa y otras carbohidrasas. Este efecto se conoce como bifidogénico específicamente para bifidobacterias (12,14,15). Además de estas características, los prebióticos deben inducir indirectamente cambios benéficos sistémicos o lumbales en el hospedador (12,13).

La fermentación de los prebióticos en el colon da lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el butírico, el acético, el láctico y el propiónico (7,10). También se producen  $H_2$ ,  $CO_2$  y una disminución del pH intestinal a  $<5.0$ . Esto último, previene el crecimiento de patógenos (i.e. clostridios, coliformes etc.) y promueve la proliferación de L y B (16). Los AGCC se absorben en el intestino, contribuyendo a la homeostasis de la sal y del agua en el colon (7). Posteriormente pasan a la vena porta para ser metabolizados en el hígado. El propionato es un precursor gluconeogénico, y el acetato pasa a tejidos periféricos y es metabolizado en el músculo. En el colon el butirato es metabolizado y utilizado selectivamente como combustible, y regula el metabolismo de los ácidos nucleicos de algunas bacterias del colon (17). El butirato también promueve el mantenimiento de la barrera intestinal y ha sido implicado en la prevención del cáncer de colon (18). También se adjudica a los AGCC la regulación del metabolismo de los lípidos (19, 20).

De acuerdo a lo anterior, la funcionalidad o el efecto de un prebiótico se evalúa en base a la promoción del crecimiento intestinal de L y B, a la disminución de clostridios y coliformes, y al aumento en los AGCC (7,12,18).

La principal ventaja del uso de prebióticos es que estimulan el crecimiento de las L y B nativas del colon, sin necesidad de introducir una especie microbiana en un alimento (como es el caso de los probióticos). Una ventaja adicional es que los oligosacáridos son más fáciles de introducir en la formulación de un alimento, que los microorganismos, ya que estos últimos pueden perder su viabilidad durante el procesamiento y almacenamiento. En consecuencia los prebióticos pueden ser una estrategia más práctica y eficiente para modular la flora intestinal, que los probióticos (7).

### Oligosacáridos de la leche humana

Los primeros oligosacáridos reconocidos como prebióticos fueron los de la leche humana (OLH). Esto ocurrió al demostrarse su efecto bifidogénico en el intestino de los infantes (20,21). La leche humana contiene entre 7.0 y 12.0 g/L de oligosacáridos complejos; sus estructuras se componen prin-

principalmente por D-galactosa, N-acetilglucosamina, L-fucosa y ácido siálico (22-24). Los OLH constituyen el tercer componente de mayor concentración en la leche, después de la lactosa y los lípidos, pudiendo encontrarse como oligosacáridos libres o formando parte de algunos glicoconjugados unidos a lípidos, o a proteínas (22).

El efecto prebiótico de los OLH quedó establecido después de una serie de estudios científicos. (25) Algunos de éstos demostraron que los OLH resisten la digestión del humano (26,27) y estimulan el crecimiento de las bifidobacterias (28). Esto se confirma con las grandes diferencias observadas en la microflora de los niños de acuerdo a su alimentación de bebés. El intestino de niños alimentados con leche de fórmula contiene menos bifidobacterias y más coliformes, enterococos y bacteroides, mientras que en los niños alimentados con la leche de la madre se encuentran mayores poblaciones de L y B (22-24). Por otro lado, Coppa y colaboradores (29) encontraron una relación directa entre la concentración de oligosacáridos en la leche materna correlaciona y la diversidad de especies de *Bifidobacterium*.

Existe evidencia de que los OLH pueden absorberse parcialmente, permaneciendo en el torrente sanguíneo pudiendo inducir algunos efectos sistémicos (26,27). Un ejemplo son los OLH que contienen las estructuras 3´ sialil lactosa y 3´ sialil 3 fucosil lactosa, los cuales pueden ser reconocidos por selectinas relacionadas con procesos inflamatorios. Los estudios de Bode (30, 31) y Kannagi (32), muestran que mediante este reconocimiento del tipo lectina-carbohidrato, los OLH son capaces de modular la adhesión de leucocitos, monocitos, linfocitos y neutrófilos, ejerciendo un efecto anti-inflamatorio que posiblemente contribuya a la disminución de la incidencia de enfermedades inflamatorias en el infante (23). Otro

efecto benéfico de los OHL que se discutirá más adelante es su capacidad de inhibir la adhesión de patógenos intestinales, protegiendo al infante contra las infecciones (24).

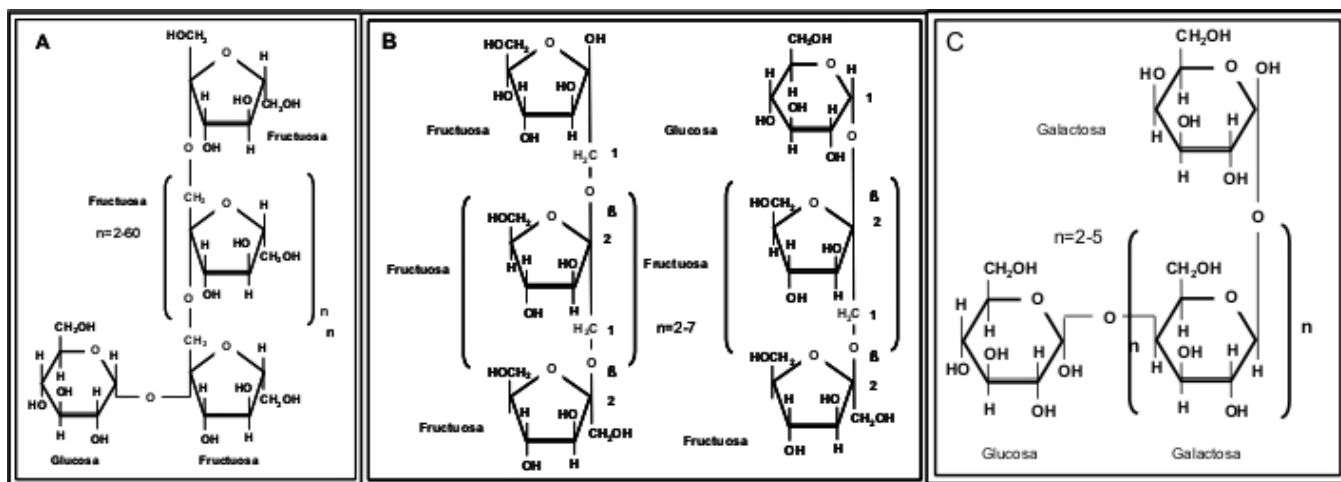
Los efectos benéficos que los OHL ejercen en el infante y su baja disponibilidad, han despertado un gran interés por la búsqueda de posibles sustitutos que puedan añadirse a las fórmulas infantiles (25) La búsqueda de prebióticos, también está dirigida hacia otras poblaciones en las que la microflora intestinal se encuentra alterada. Algunos factores que influyen en el desbalance de la microflora son el tratamiento prolongado con antibióticos, la dieta, el estrés, la edad y la enfermedad (33-35). Por ejemplo, la microflora de las personas de la tercera edad muestra una disminución en el contenido de L y B relacionada con un aumento en la susceptibilidad a las infecciones (20,25,35), mientras que los tratamientos prolongados con antibióticos disminuyen drásticamente a las poblaciones de L y B y aumentan la presencia de *Clostridium difficile* (33,34). En personas que sufren de enfermedades relacionadas con la inflamación crónica del intestino, la MI presenta un desbalance en el contenido de bifidobacterias (4). En todos estos casos, la administración de prebióticos bifidogénicos puede contribuir a mejorar el estado de salud del paciente (36-38).

### Oligosacáridos con potencial prebiótico

Los oligosacáridos con potencial prebiótico, que pudieran sustituir a los OLH, se clasifican de acuerdo a su composición química y grado de polimerización (GP). Entre ellos se encuentran la lactulosa, los galacto o transgalactooligosacáridos, la inulina y los fructooligosacáridos o FOS (39). Todos ellos han demostrado su efecto bifidogénico tanto *in vitro*, como en humanos y animales (40-42). En la Figura 1 se muestran algunas de sus estructuras.

FIGURA 1

Estructura de algunos oligosacáridos prebióticos. A). Inulina, B). Fructooligosacáridos, C). Galctooligosacáridos



Los galactooligosacáridos o trans-galactooligosacáridos (GOS/TOS) se obtienen de la transgalactosilación de la lactosa del suero de queso, con  $\beta$ -galactosidasa (43). Dependiendo de las enzimas utilizadas y las condiciones de la reacción se consiguen mezclas de tri, tetra o pentasacáridos con enlaces  $\beta$  1-3, 1-6 y 1-4 (44). Por otro lado, la inulina, formada principalmente por cadenas lineales de  $\alpha$ D-glucopiranosil-( $\beta$ -D-fructofuranosil)n-1- $\beta$ -D-fructofuranosido, se obtiene principalmente de la chicoria (*Cichorium intybus*). La inulina está compuesta por una mezcla de oligómeros y polímeros con un grado de polimerización (GP) que varía de 2 hasta 60 unidades (30). Cerca del 10 % de las cadenas de fructanos tienen un GP entre 2 y 5. Éstos se conocen como oligofructanos o FOS pudiéndose obtener en mayores cantidades mediante la hidrólisis parcial de la inulina, utilizando endoinulinasa (E.C. 3.2.1.7). Cada prebiótico varía no solo en grado de polimerización, sino en sus propiedades funcionales (41, 45). Al momento, la principal fuente de inulina es la chicoria sin embargo existen otras fuentes, como los agaves, cuyo potencial no ha sido completamente evaluado.

Los mano-oligosacáridos, isomalto-oligosacáridos, xilo-oligosacáridos y los oligosacáridos de la soya, se utilizan como prebióticos en Japón. Actualmente se encuentran en vías de investigación (7). Los oligosacáridos obtenidos del suero de soya, presentan estructuras galactosiladas unidas mediante enlaces  $\alpha$ 1-6 a una molécula de sacarosa. En los xilo-oligosacáridos, predominan los enlaces de tipo  $\beta$ 1-4. Los  $\alpha$ 1-6 iso-malto-oligosacáridos pueden ser digeridos por el humano, pero tan lentamente, que alcanzan a llegar al colon donde son fermentados por las L y B. Por esta razón se consideran como parcialmente prebióticos (46).

Diversos estudios comprueban que la inulina, los FOS y los GOS presentan un efecto prebiótico en el intestino. Además, existe evidencia de que con mezclas de FOS y GOS se obtiene un efecto sinérgico (7,15,47,48). Un hallazgo interesante es que la ingestión de prebióticos disminuye significativamente la presencia de patógenos de los géneros *Clostridia*, *Enterobacter* y *Staphylococcus aureus* (49). Lo anterior ha despertado el interés por conocer más sobre el efecto de los prebióticos en las infecciones intestinales.

### Prebióticos e infecciones gastrointestinales

Las diarreas provocadas por infecciones gastrointestinales son causa importante de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. En particular, este padecimiento es el causante del 22% de las muertes que se presentan anualmente en los países en vías de desarrollo (50,51). También son la causa más común de muerte en recién nacidos (51,52). Las infecciones gastrointestinales pueden controlarse suministrando antibióticos; sin embargo, los problemas de resistencia bacteriana o la baja disponibilidad de estos medicamentos para poblaciones de escasos recursos, hacen cada vez más apre-

mante la búsqueda de alternativas profilácticas. La ingestión de prebióticos, pudiera ser una alternativa. La evidencia más importante de esta afirmación se encuentra en los estudios con oligosacáridos de la leche humana (53,54).

La alimentación del recién nacido con leche humana (LH) ha sido identificada como la forma más efectiva para proteger a los niños menores de 5 años de las infecciones gastrointestinales (55,56). La LH es el modelo natural de protección, entender los mecanismos de defensa de las moléculas que la componen, servirá de base para el diseño de intervenciones profilácticas efectivas contra diferentes infecciones (57). Esta leche contiene una extensa variedad de factores de defensa provenientes de los sistemas inmunes innato y adquirido de la madre (i.e inmunoglobulinas, lactoferrina, lisozima, etc.). Los niños alimentados con leche de fórmula carecen de la protección de los factores de defensa de la leche materna humana. Por ello, son más propensos a las infecciones (58).

Los efectos anti-infecciosos de los OLH (Figura 2), se relacionan con su acción sobre la MI benéfica del hospedador. Es decir, con el soporte en el crecimiento de las L y B, que permite excluir a los patógenos del tracto gastrointestinal a través de a) la competencia por los sitios de adhesión en la mucosa, b) la disminución del pH, debida a la producción de los AGCC y c), la producción de sustancias inhibitoras como las bacteriocinas (57,59). Por otro lado, hay evidencia de que las L y B pueden modular el sistema inmune de su hospedador, desencadenando una respuesta de defensa contra la infección (60).

Una acción más específica y directa de los OLH, para prevenir la infección, es su capacidad de actuar como análogos solubles de los receptores del tracto gastrointestinal, a los que se unen, varios Gram negativos (57). Para algunos investigadores este es el elemento principal de la protección de los oligosacáridos contra la infección (53,57). El principio se basa en el reconocimiento proteína-carbohidrato que se establece entre las lectinas microbianas y los glicoconjugados de la superficie celular. Lo anterior permite a la bacteria adherirse y posteriormente colonizar e invadir al epitelio intestinal (61). Este es el mecanismo que siguen, por ejemplo, *Escherichia coli*, *Helicobacter jejuni*, y algunas especies de *Salmonella* y cepas de *Shigella* (62,63). La Figura 3 indica como el oligosacárido sería capaz de prevenir la adhesión bacteriana y por tanto la infección.

FIGURA 2  
Efecto protector de los oligosacáridos de la leche humana contra infecciones microbianas

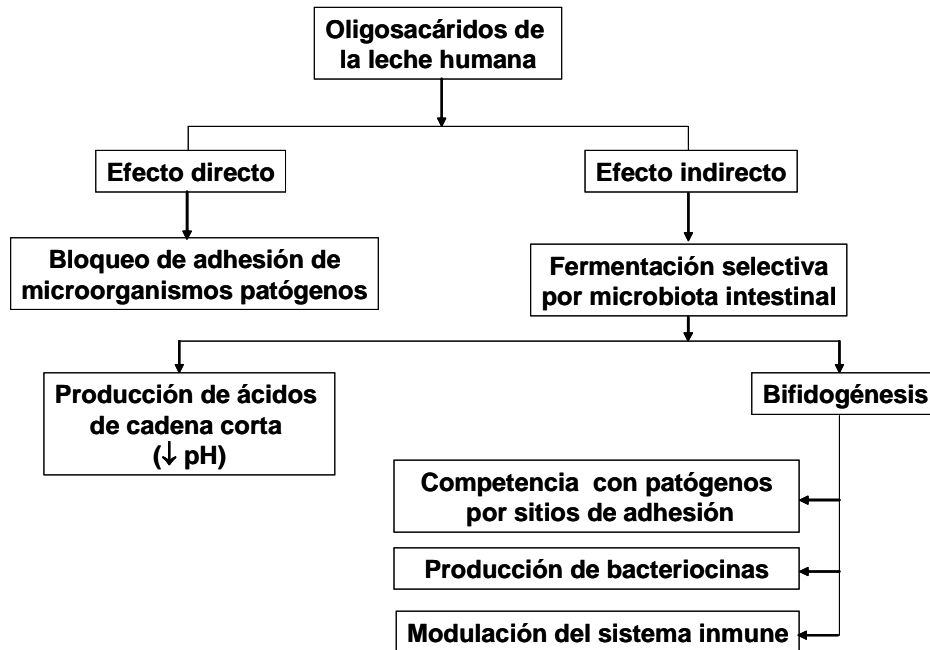
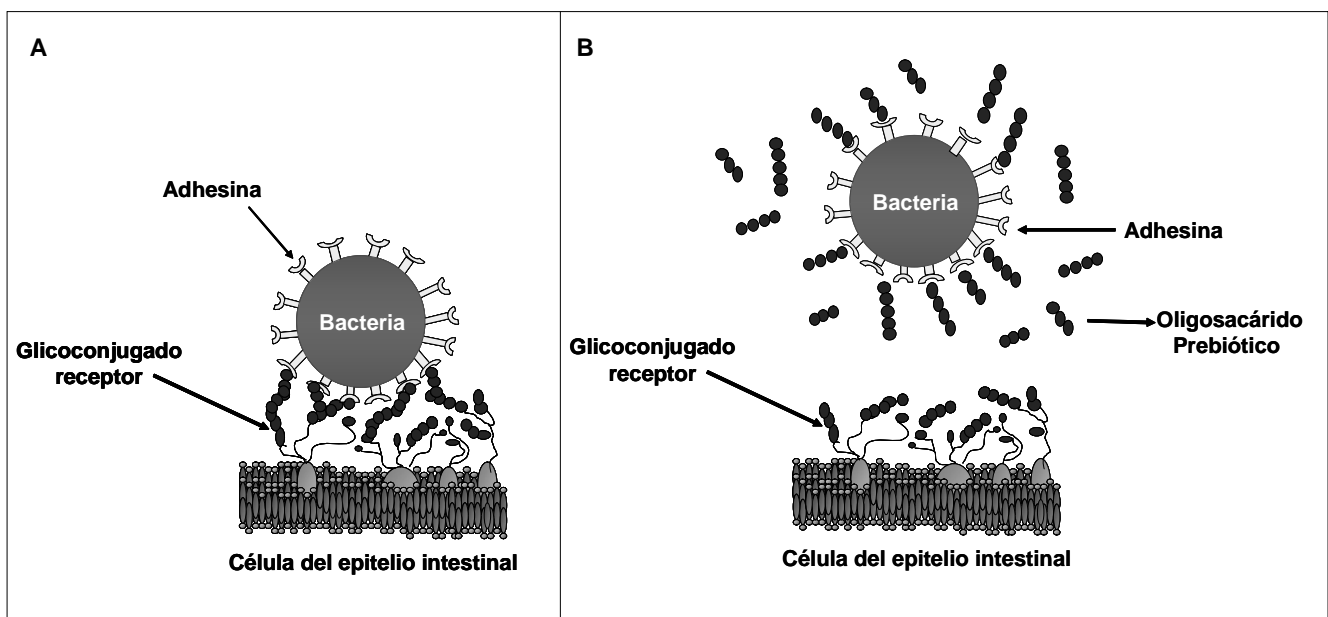


FIGURA 3

Modelo de acción directa de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones. A) Las adhesinas bacterianas reconocen a los receptores oligosacáridos en las células del epitelio intestinal. B) Inhibición de la adhesión bacteriana por prebióticos con estructuras similares a los glicanos receptores



Martín-Sosa *et al.* (64), estudiaron el efecto de los OLH en la inhibición de la adhesión de cepas de *Escherichia coli* enterotoxigénica (ETEC) y de *E. coli* uropatogénica (UPEC) a tejidos celulares. Las adhesinas de estos microorganismos reconocieron oligosacáridos que contienen galactosa y ácido siálico (62,63). Por otro lado, Crane *et al.* (65), demostraron que las fucosas presentes en los OLH inhiben la adhesión de la toxina termoestable de *E. coli* (STa) a sus receptores intestinales. En un estudio más reciente Morrow y Rangel (57) también demostraron la importancia de los OLH fucosilados, en la prevención de diarrea por *Campilobacter jejuni*, calicivirus y ETEC, en infantes neonatos alimentados con leche materna.

Los estudios anteriores dejan en claro la importancia de los OLH en la prevención de la infección, durante las primeras etapas de la vida. Sin embargo, la disponibilidad de OLH es extremadamente limitada ya que únicamente se sintetizan en la leche de la madre durante la etapa de lactación (56). Es por ello que la búsqueda de alternativas prebióticas es constante.

Debido a que los oligosacáridos presentes en la leche de otros mamíferos no son tan abundantes como los de la leche humana, su obtención industrial es limitada (66).

### Efectos de GOS y FOS sobre infecciones diarreicas

Una alternativa industrialmente factible para la prevención y tratamiento de diarreas es el uso de oligosacáridos prebióticos de origen vegetal o industrial. Sin embargo, los estudios experimentales desarrollados son escasos y se limitan casi exclusivamente a probar inulina y FOS (Tabla 1). Los patógenos estudiados han sido *Salmonella enteritidis*, *Candida albicans*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella typhimurium*, entre otros. En infecciones por *Salmonella enteritidis* inducidas en ratas el grupo de Ten-Bruggencate *et al.* (67), encontraron que el efecto protector del prebiótico contra *Salmonella*, dependió del suplemento adecuado de calcio. Por otro lado, en infecciones provocadas en ratones, el grupo de Buddington *et al.* (68), probaron que la inulina y los FOS son efectivos en reducir el número de *C. albicans* viable en el intestino. Además, observaron que el tratamiento previo con prebióticos redujo significativamente la mortalidad de los ratones infectados con *L. monocytogenes*. Lo mismo ocurrió con aquellos infectados con *S. typhimurium*, en los que también se obtuvieron indicios de una disminución de la adhesión de *Salmonella* en el intestino (68).

TABLA 1  
Experimentos que utilizan prebióticos para prevenir o tratar diarreas

Referencia	Sujetos	Métodos	Prebiótico	Dosis diaria
57	Ratas	Dieta por 2 semanas con prebióticos antes de la infección con <i>Salmonella enteritidis</i> .	FOS	3 g/100 g 6 g/100 g
58	Murinos	Infección con patógenos entéricos ( <i>Candida albicans</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> o <i>Salmonella typhimurium</i> ). Los roedores fueron tratados con 100g/Kg de prebióticos durante 6 semanas antes de inducir la infección.	FOS e Inulina	100g/kg
59	Humanos	Ingesta de prebióticos durante 30 días en 142 pacientes con diarrea por <i>C. difficile</i> asociada a consumo prolongado de antibiótico	FOS	12 g
60	Humanos	Pacientes mayores de 65 años bajo tratamiento de antibióticos de amplio espectro ingirieron prebióticos durante el tratamiento y 7 días después.	FOS	12 g/día
61	Humanos	Determinación de efecto del prebiótico (21 días) en la población de bifidobacterias en 140 niños tratados con amoxicilina	GOS y FOS	0.45g/dL
63	Humanos	Ingesta de prebiótico por viajeros a zonas de medio y alto riesgo ingirieron prebióticos 2 semanas antes de partir y 2 semanas durante las vacaciones.	FOS	10 g

Modificado de (7)

A pesar de los resultados prometedores con modelos animales, no existen reportes que asocien a los prebióticos con el tratamiento exitoso en pacientes con diarrea. Esto es particularmente cierto para aquellas poblaciones con diarrea asociada a la administración de antibióticos o a la inflamación intestinal crónica.

En diarreas por *Clostridium difficile* asociadas a tratamiento de antibióticos, la administración de FOS (12 g/día), no disminuyó la incidencia de diarreas, pero si el índice de recaídas (8% vs 34%,  $p < 0.001$ ), en los pacientes que consumieron este tipo de carbohidratos. Sin embargo, esta misma dosis no fue efectiva en ancianos con el mismo tipo de diarrea (69-71). En pacientes con diarrea por inflamación intestinal crónica, se observaron efectos adversos (flatulencia, dolor abdominal) después del suministro de prebióticos. Los resultados anteriores pueden estar relacionados con la alteración de la MI que generalmente se presenta en este tipo de pacientes (bajas cuentas de L y B) y con la dosis de prebiótico suministrada (72).

En lo que se refiere a la prevención de diarreas, Cummings *et al.* (73) llevaron a cabo un estudio controlado al azar con 244 personas para relacionar el consumo de 10 g/ día de prebióticos, con la prevención de la diarrea del viajero. Los resultados indican que los individuos que consumieron inulina-FOS, experimentaron ataques de diarrea menos frecuentes y menos severos que los individuos que consumieron el placebo. Estos resultados pudieran estar indicando que el consumo del prebiótico requiere de un cierto plazo para ejercer un efecto positivo sobre la diarrea.

En el año 2000, se introdujeron en la Unión Europea fórmulas infantiles que contienen una combinación prebiótica (0.8 g/100 mL) de 10% inulina (o FOS), 90% GOS. No se han observado efectos adversos de estas fórmulas después de varios estudios realizados en fechas posteriores a la introducción en el mercado de estos productos. Por el contrario, los resultados indican un considerable aumento en la bifidogénesis y en la producción de AGCC de los bebés, después de 28 días de consumo de la fórmula. Este comportamiento fue similar al de los niños alimentados con leche materna (47,74-77). Con el consumo de estas fórmulas se reporta en el lactante una reducción de las alergias y de la incidencia de infecciones intestinales y respiratorias (78). En otras investigaciones se demostró además, una disminución en el contenido de patógenos, del pH intestinal y un mayor nivel de IgA secretora (79-81). También se observaron efectos moderadamente laxantes, adecuado balance de agua y mejoras en la barrera intestinal (77, 82-84).

En un estudio prospectivo controlado al azar, realizado durante el primer año de vida, se observó que, en aquellos niños que recibieron fórmula con la mezcla inulina: GOS durante el primer año de vida, la incidencia de infecciones gastrointestinales y respiratorias fue estadísticamente menor

a la de aquellos que recibieron un placebo. En niños destetados se ha observado que el consumo de FOS (3g/día o 2g/día, ambos durante 3 semanas) tuvo un efecto directo en la disminución de episodios de fiebre y diarrea (80,85-87). Sin embargo, otros estudios no muestran una reducción significativa de diarrea en niños, ya sea infecciosa o asociada al tratamiento de antibióticos (71, 86).

En general los estudios realizados hasta el momento, tanto en animales como en humanos, requieren de más elementos para probar la efectividad de inulina, FOS y GOS, sobre las infecciones enterobacterianas. Es importante enfocarlos también hacia 1) conocer los posibles mecanismos bioquímicos por los cuales se lleva a cabo la acción preventiva; 2) saber el tipo, la dosis y el grado de polimerización de oligosacáridos necesarios para provocar una respuesta positiva; 3) estudiar la posible acción de los prebióticos como inmunomoduladores a nivel luminal y sistémico, y 4) y su efecto sobre diferentes grupos inmunocomprometidos donde la MI se encuentra alterada.

Otro aspecto muy importante y que ha sido descuidado, es el estudio de la capacidad de los FOS y GOS para mimetizar a los receptores naturales de los patógenos. Como se mencionó anteriormente, varios enteropatógenos poseen adhesinas en su superficie las cuales reconocen a los oligosacáridos de las células intestinales (62,63). Este reconocimiento permite que el patógeno pueda adherirse al intestino para posteriormente infectar a la célula (57). Si el prebiótico mimetiza a los oligosacáridos de las células intestinales, podrá ser reconocido por las adhesinas, evitando la unión patógeno-intestino y previniendo subsecuentemente, la infección (Figura 2).

Un oligosacárido puede mimetizar a otro cuando existe similitud en sus estructuras químicas (57,61,88,89). Lo anterior debido a que las interacciones proteína carbohidrato son altamente específicas (88). Los oligosacáridos de la leche humana presentan dicha similitud y por ello evitan la adhesión de los patógenos al intestino del infante (63-65). Al respecto hay que considerar que las estructuras de los OLH son mucho más complejas que las de los FOS y GOS (57). Además, estos últimos carecen de fucosa y de ácido siálico necesarios, en muchos casos, para que los enteropatógenos reconozcan a las células del intestino. Sin embargo, la galactosa también es importante en este tipo de uniones (Tabla 2). Varias adhesinas microbianas son específicas para galactosa, aunque la afinidad de la interacción aumenta, al estar presente un ácido siálico (61,62).

Al momento, existe solo un estudio que revela que los GOS (prebióticos galactosilados) son capaces de inhibir *in vitro*, la adhesión de *E. coli* enteropatógena a células HEp-2 y Caco-2 (90). Esto indica que al menos estos oligosacáridos pueden tener propiedades antiadhesivas contra los patógenos intestinales. Entonces, la combinación de GOS (análogo que puede mimetizar a oligosacáridos de la célula intestinal) con

inulina y/o FOS (prebióticos con mayor efecto bifidogénico), puede lograr un efecto sinérgico que sea más efectivo contra enteropatógenos importantes (91). Lo anterior concuerda con los resultados de las investigaciones mencionadas.

TABLA 2

Monosacáridos presentes en los oligosacáridos de la leche humana y en los prebióticos

Monosacáridos	Leche humana	Prebióticos	Carbohidratos reconocidos por bacterias
Glucosa	Trazas	+	-
Galactosa	+	+	+
N-acetil glucosamina	+	-	+
Fucosa	+	-	+
Ácido N-acetil neuramínico	+	-	+
Fructosa	-	+	-
Xylosa	-	+	-
Arabinosa	-	+	-
Otros	-	+	-

Fuente: (43)

El interés por obtener una leche con factores de protección similares a los de la leche humana, ha promovido la adición de diferentes componentes a las leches de fórmula, entre ellos, las mezclas de GOS:FOS. Los resultados en el campo de la prevención de diarreas son prometedores. Sin embargo, deben tenerse cuidados especiales durante la fabricación y reconstitución de las fórmulas infantiles, para evitar contaminaciones que puedan afectar seriamente a la salud del infante.

Se ha demostrado de manera convincente que las fórmulas infantiles son, tanto desde el punto de vista epidemiológico como microbiológico, el vehículo y la fuente de infecciones en los lactantes, provocadas por *Salmonella* y *Enterobacter sakazakii* (92-95). Ambas son causantes de enfermedades en los lactantes, por ejemplo, infecciones sistémicas, enterocolitis necrotizante y diarrea grave (96-99). La presencia de estos microorganismos se puede producir como consecuencia de: a) contaminación por medio de ingredientes no sometidos a tratamiento térmico durante el proceso de fabricación (procesos de mezcla en seco y combinado) y b) contaminación a partir del entorno de elaboración durante las fases secas del proceso, posteriores al tratamiento (93, 96).

Para evitar este tipo de contaminaciones y otras de origen químico en las fórmulas infantiles que contengan GOS: FOS, es necesario seguir las buenas prácticas de manufactura y las recomendaciones de los Organismos de las Naciones Unidas relacionados con la salud y la alimentación (100). Estas mismas recomendaciones deben de seguirse para todos los alimentos que contengan oligosacáridos prebióticos, tanto los diseñados para poblaciones con riesgo de enfermedades in-

testinales (ancianos, infantes, personas con inflamación intestinal crónica, etc), como adultos y jóvenes sanos. Éste es uno de los requisitos para garantizar el fin de la adición de los prebióticos a los alimentos: mantener y/o mejorar la salud del consumidor (57). Se requiere también de investigaciones más profundas, para determinar las dosis, frecuencia y condiciones de salud en las que los oligosacáridos prebióticos de origen vegetal o industrial puedan actuar efectivamente en la prevención de las diarreas de origen infeccioso.

## CONCLUSIONES

Las diarreas provocadas por infecciones gastrointestinales son causa importante de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. Una estrategia para reducir su incidencia o para acortar sus periodos de duración puede ser la modulación de la microflora intestinal a través del consumo de prebióticos. Al respecto existen resultados prometedores en la experimentación con animales. En humanos sanos se ha demostrado además, que estos prebióticos disminuyen la incidencia de infecciones intestinales de manera dosis y tiempo de consumo dependiente. Sin embargo, existe controversia en estudios en personas con una microflora intestinal alterada, como ancianos, personas con problemas crónicos de inflamación intestinal y personas con diarreas asociadas a antibióticos, donde los resultados en prevención de diarreas no son concluyentes.

## AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por sus apoyos a la beca del primer autor y al proyecto CB-2007 82985.

## REFERENCIAS

1. Fric P. Probiotics and prebiotics renaissance of a therapeutic principle. *Cen Eur J Med* 2007; 2(3):237-270.
2. Berg RD. The indigenous gastrointestinal microflora. *Trends in Microbiol* 1996; 4:430-435.
3. Blaut M, Clavel T. Metabolic diversity of the intestinal microbiota: implications for health and disease *J Nutr* 2007; 137: S751-S755.
4. Swidsinski A, Ladhoff A, Pentthaler A, Swidsinski S, Loening-Baucke V, Ortner M, et al. Mucosal flora in inflammatory bowel disease. *Gastroenterology* 2002; 122:44-54.
5. Collins MD, Gibson GR. Probiotics, prebiotics, and symbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Am J Clin Nutr* 1999; 69:S1052-S1057.
6. Gibson GR. Dietary modulation of the human gut microflora using the prebiotics oligofructose and inulin. *J Nutr* 1999; 129(7):S1438-S1441.
7. Macfarlane GT, Steed H, Macfarlane S. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. *J Appl Microbiol* 2007; 1:40-47.

8. Guarner F. Studies with inulin-type fructans on intestinal infections, permeability, and inflammation. *J Nutr* 2007; 137:S2568-S2571.
9. Wilks M. Bacteria and early human development. *Early Hum Dev* 2007; 83:165-170.
10. Nicholson JK, Holmes E, Wilson ID. Gut microorganisms, mammalian metabolism and personalized health care. *Nature Rev Microbiol* 2005; 3: 1-8.
11. Cummings JH, Stephen AM. Carbohydrate terminology and classification. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61:S5-S18.
12. Gibson GR, Probert HM, van Loo J, Rastall RA, Roberfroid M. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev* 2004; 17:259-275.
13. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995; 125:1401-1412.
14. Bouhnik Y, Raskine L, Simoneau G, Vicaut E, Neut C, Flourie, et al. The capacity of nondigestible carbohydrates to stimulate fecal bifidobacteria in healthy humans: a double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group, dose-response relation study. *Am J Clin Nutr* 2004; 80:1658-1664.
15. Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cummings JH. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterol*, 1995; 108:975-982.
16. Forchielli ML, Walker WA. The effect of protective nutrients on mucosal defense in the immature intestine. *Acta Paediatr* 2005; 94:74-83.
17. Cummings JH, Englyst H. Fermentation in the human large intestine and the available substrates. *Am J Clin Nutr*. 1987; 45:1243-1255.
18. Marciel V, Delvin E, Seidman E, Poitras L, Zoltowska M, Garofalo C, et al. Modulation of lipid synthesis, apolipoprotein biogenesis and lipoprotein assembly by butyrate. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* .2002; 283:G340-G346,
19. Emenaker NJ, Calaf GM, Cox D, Basson MD, Qureshi N. Short-chain fatty acids inhibit invasive human colon cancer by modulating uPA, TIMP-1, TIMP-2, Mutant p53, Bcl-2, Bax, p21 and PCNA protein expression in an *in Vitro* cell culture model. *J Nutr* 2001; 131:S3041-S3046.
20. Isolauri E, Salminen S, Ouwehand AC. Microbial-gut interactions in health and disease. *Probiotics*. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2004; 18(2): 299-313.
21. Stahl B, Thurl S, Zeng J, Karas M, Hillenkamp F, Steup M, et al. Oligosaccharides from milk as revealed by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *Anal Biochem* 1994; 223:218-226.
22. Boehm G, Stahl B. Oligosaccharides from milk. *J Nutr* 2007; 3:S847-S849.
23. Kunz C, Rudloff S, Baier W, Klein N, Strobel, S. Oligosaccharides in human milk: structural, functional, and metabolic aspects. *Ann Rev Nutr* 2000; 20:699-722.
24. Dai D, Walker WA. Protective nutrients and bacterial colonization in the immature human gut. *Adv Pediatr* 1999; 46:353-382.
25. Manning TS, Gibson R. Prebiotics. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2004; 18(2):287-98.
26. Engfer MB, Stahl B, Finke B, Sawatzki G, Daniel H. Human milk oligosaccharides are resistant to enzymatic hydrolysis in the upper gastrointestinal tract. *Am J Clin Nutr* 2000;71:1589-1596.
27. Gnoth MJ, Kunz C, Kinne-Saffran E, Rudloff S. Human milk oligosaccharides are minimally digested *in vitro*. *Jf Nutr* 2000; 130:3014-3020.
28. Petschow BW, Talbott RD. Growth promotion of Bifidobacterium species by whey and casein fractions from human and bovine milk. *J Clin Microbiol* 1990; 28:287-292.
29. Coppa GV, Bruni S, Morelli L, Soldi S, Gabrielli O. The first prebiotics in humans: Human milk oligosaccharides. *J Clin Gastroenterol* 2004; 38(6 Suppl):S80-83.
30. Bode L, Kunz C, Muhly-Reinholz M, Mayer K, Seeger W, Rudloff S. Inhibition of monocyte, lymphocyte, and neutrophil adhesion to endothelial cells by human milk oligosaccharides. *Thromb Haemost* 2004; 92:1402-1410.
31. Bode L, Rudloff S, Kunz C, Strobel S, Klein N. Human milk oligosaccharides reduce platelet-neutrophil complex formation leading to a decrease in neutrophil X2 integrin expression. *J Leukocyte Biol* 2004; 76:1-7.
32. Kannagi R. Regulatory roles of carbohydrate ligands for selectins in the homing of lymphocytes. *Curr Opin Struc Biol* 2002; 12:599-608.
33. Penders J, Thijs C, Vink C, et al. Factors influencing the composition of the intestinal microbiota in early infancy. *Pediatrics* 2006; 118(2):511-521.
34. Dicksved J, Floistrup H, Bergstrom A, et al. Molecular fingerprinting of the fecal microbiota of children raised according to different lifestyles. *Appl Environ Microbiol* 2007; 73(7):2284-2289.
35. Mitsuoka T. Intestinal flora and aging. *Nutr Rev* 1992; 50(12):438-446.
36. Sartor R, Muehlbauer M. Microbial host interactions in IBD: implications for pathogenesis and therapy. *Curr Gastroenterol Rep* 2007; 9:497-507.
37. Lindsay JO, Whelan K, Stagg AJ, Gobin P, Al-Hassi HO, Rayment N, et al. Clinical, microbiological, and immunological effects of fructo-oligosaccharides in patients with Crohn's disease. *Gut* 2006; 55:348-355.
38. Moreau NM, Martin LJ, Toquet CS, Laboisie CL, Nguyen PG, Siliart, BS, et al. Restoration of the integrity of rat caecocolonic mucosa by resistant starch, but not by fructo-oligosaccharides, in dextran sulphate sodium-induced experimental colitis. *British J Nutri*. 2003. 90:75-85.
39. Delzenne NM. Oligosaccharides: state of the art. *Proc Nutr Soc* 2003; 62:177-182.
40. Roberfroid M. Prebiotic: the concept revisited. *J Nutr* 2007; 137:S830-S837.
41. Macfarlane S, Macfarlane GT, Cummings JH. Prebiotics in the gastrointestinal tract. *Alim Pharm Ther* 2006; 24:701-714.
42. Tuohy KM, Ziemer CJ, Klinder A, Knobel Y, Pool-Zobel BL, Gibson GR. A human volunteer study to determine the prebiotic effects of lactulose powder on human colonic microbiota. *Microb Ecol Health Dis* 2002; 14: 165-173.
43. Playne MJ, Crittenden RG. Commercially available oligosaccharides. *Bull Int Dairy Fed* 1996; 313:10-22.
44. Crittenden RG, Playne MJ. Production, properties and applications of food grade oligosaccharides. *Trends Food Sci Technol* 1994; 7:353-361.
45. Biedrzycka E, Bielecka M. Effectiveness of fructans of

- different degrees of polymerization. *Trends Food Sci Technol* 2004; 15:170-175.
46. Gibson GR. Prebiotics as gut microflora management tools. *J Clin Gastroenterol*. 2008; 42:S75-S79.
  47. Haarman M, Knol J. Quantitative real-time PCR assays to identify and quantify fecal *Bifidobacterium* species in infants receiving a prebiotic infant formula. *Appl Environ Microbiol*. 2005; 71(5):2318-24.
  48. Rycroft CE, Jones MR, Gibson GR, Rastall RA. A comparative *in vitro* evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. *J Appl Microbiol* 2001; 91(5):878-887.
  49. Boehm G, Jelinek J, Stahl B, van Laere, K, Knol J, Fanaro, S. Prebiotics in infant formulas. *J Clin Gastroenterol* 2004; 38:S76-S79.
  50. Casburn-Jones AC, Farthing MJ. Management of infectious diarrhea. *Gut* 2004; 53:296-305.
  51. Black RE, Morris SS, Bryce J. Where and why are 10 million children dying every year? *Lancet* 2003; 361:2226-2234.
  52. Vandenoplas Y, Salvatore S, Viera M, Devreker T, Hauser B. Probiotics in infectious diarrhea in children: are they indicated. *Eur J Pediatr* 2007; 166:211-218.
  53. Kunz C, Rudloff, S. Potential anti-inflammatory and anti-infectious effects of human milk oligosaccharides. *Adv Exp Med Biol* 2008; 606:455-465.
  54. Kunz C, Rudloff S. Health promoting aspects of milk oligosaccharides. *Int Dairy J* 2006; 16(11):1341-1346.
  55. Jones G, Steketee RW, Black RE, Bhutta Z, Morris S. How many child deaths can we prevent this year? *Lancet* 2003; 362:65-71.
  56. Hamosh M. Bioactive factors in human milk. *Pediatr Clin North Am* 2001; 48:69-86.
  57. Morrow AL, Rangel JM. Human milk protection against infectious diarrhea: implications for prevention and clinical care seminars in pediatric infectious diseases. *Semin Pediatr Infect Dis*. 2004; 15:221-228.
  58. Cleary TG. Human milk protective mechanisms. *Adv Exp Med Biol* 2004; 554:145-154.
  59. Wang B, Brand-Miller J. The role and potential of sialic acid in human nutrition. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57:1351-1369.
  60. Fanaro S, Vigi V. Which role for prebiotics at weaning? *J Clin Gastroenterol* 2008; 42:S209-S213.
  61. Heithoff DM, Conner CP, Mahan MJ. Dissecting the biology of a pathogen during infection. *Trends Microbiol* 1997; 12:509-513.
  62. Sharon N. Carbohydrates as future anti-adhesion drugs for infectious diseases. *Bioch Bioph Acta* 2006; 1760(4):527-537.
  63. Ofek I, Sharon N. Adhesins as lectins: specificity and role in infection. *Curr Top Microbiol Immunol* 1990; 151:91-113.
  64. Martin-Sosa S, Martin MJ, Hueso P. The sialylated fraction of milk oligosaccharides is partially responsible for binding to enterotoxigenic and uropathogenic *Escherichia coli* human strains. *J Nutr*. 2002; 132(10): 3067-3072.
  65. Crane JK, Azar S, Stam A, Newburg D. Oligosaccharides from human milk block binding and activity of the *Escherichia coli* heat-stable enterotoxin (STa) in T84 intestinal cells. *J Nutr* 1994; 12:2358-2364.
  66. Bode L. Recent advances on structure, metabolism and function of human milk oligosaccharides. *J Nutr* 2006; 136:2127-30.
  67. Ten Bruggencate SJ, Bovee-Oudenhoven IM, Lettingk-Wissink M, Van der Meer R. Dietary fructo-oligosaccharides dose-dependently increase translocation of salmonella in rats. *J Nutr* 2003; 133(7):2313-2318.
  68. Buddington KK, Donahoo JB, Buddington RK. Dietary oligofructose and inulin protect mice from enteric and systemic pathogens and tumor inducers. *J Nutr* 2002; 132:472-477.
  69. Lewis S, Burmeister S, Brazier J. Effect of the prebiotic oligofructose on relapse of *Clostridium difficile* associated diarrhoea: a randomized, controlled study. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2005; 3:442-448.
  70. Lewis S, Burmeister S, Cohen S, Brazier J, Awathi A. Failure of dietary oligofructose to prevent antibiotic-associated diarrhoea. *Alim Pharm Ther* 2005; 21:469-477.
  71. Brunser O, Gotteland M, Cruchet S, Figueroa G, Garrido D, Steenhout P. Effect of milk formula with prebiotics on the intestinal microbiota of infants after an antibiotic treatment. *Pediatr Res* 2006; 59:451-456.
  72. Vrese M, Marteau P. Probiotics and prebiotics: effects on diarrhea. *J Nutr* 2007; 137:S803-S811.
  73. Cummings JH, Christie S, Cole TJ. A study of fructo-oligosaccharides in the prevention of travellers' diarrhoea. *Alimen Pharmacol Ther* 2001; 8: 1139-1145.
  74. Haarman M, Knol J. Quantitative real-time PCR analysis of fecal *Lactobacillus* species in infants receiving a prebiotic infant formula. *Appl Environ Microbiol* 2006; 72:2359-65.
  75. Knol J, Boehm G, Lidestri M, Negretti F, Jelinek J, Agosti M, et al. Increase of faecal bifidobacteria due to dietary oligosaccharides induces a reduction of clinically relevant pathogen germs in the faeces of formula-fed preterm infants. *Acta Paediatr* 2005; 94:S31-S33.
  76. Knol J, Scholtens P, Kafka C, Wells J. Colon microflora in infants fed formula with galacto- and fructo-oligosaccharides: more like breast-fed infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2005; 40:36-42.
  77. Moro G, Minoli I, Mosca M, Fanaro S, Jelinek J, Stahl, B. et al. Dosage-related bifidogenic effects of galacto- and fructooligosaccharides in formula-fed term infants. *J Pediatric Gastroenterol Nutr* 2002; 34:291-295.
  78. ESPGHAN Committee on Nutrition. Prebiotic oligosaccharides in dietetic products for infants: a commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2004; 39:465-473.
  79. Bakker-Zierikzee AM, Tol E, Kroes H, Alles MS, Kok FJ, Bindels JG. 2006. Faecal SIgA secretion in infants fed on prebiotic infant formula. *Pediatr Allergy Immunol* 2006; 17:134-140.
  80. Moore N, Chão C, Yang LP, Storm H, Oliva-Hemker M, Saavedra JM. Effects of fructo-oligosaccharide-supplemented infant cereal: a doubleblind, randomized trial. *British J Nutr* 2003; 90:581-587.
  81. Oli MW, Petschow BW, Buddington RK. Evaluation of fructooligosaccharide supplementation of oral electrolyte solutions for treatment of diarrhoea (recovery of the intestinal bacteria). *Dig Dis Sci* 1998; 43:138-47.

82. Francavilla R, Castellaneta S, Masciale A, Straziuso S, Polimeno L, Gagliardi F, Boehm G, Miniello V. Intestinal permeability and faecal flora of infants fed with prebiotic supplemented formula: a double blind placebo controlled study. *J Pediatric Gastroenterol Nutr* 2006; 42:PN2–PN21.
83. Mihatsch WA, Hoegel J, Pohlandt F. Prebiotic oligosaccharides reduce stool viscosity and accelerate gastrointestinal transport in preterm infants. *Acta Paediatr* 2006; 95:843-848.
84. Schmelzle H, Wirth S, Skopnik H, Radke M, Knol J, et al. Randomized double-blind study of the nutritional efficacy and bifidogenicity of a new infant formula containing partially hydrolyzed protein, a high beta-palmitic acid level, and nondigestible oligosaccharides. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2003; 36:343–351.
85. Waligora-Dupriet AJ, Campeotto F, Nicolis I, Bonet A, Soulaines P, Dupont C, et al. Effect of oligofructose supplementation on gut microflora and well-being in young children attending a day care centre. *Int J Food Microbiol* 2007; 113:108–113.
86. Duggan C, Penny ME, Hibberd P, Gil A, Huapaya A, Cooper A, et al. Oligofructose-supplemented infant cereal: 2 randomized, blinded, community-based trials in Peruvian infants. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 937-942.
87. Saavedra J.M, Tschernia A. Human studies with probiotics and prebiotics: clinical implications. *British J Nutr* 2002; 87:S241–S246.
88. Shoaf K, Mulvey JL, Armstrong GL, Hutkins RW. Prebiotic galactooligosaccharides reduce adherence of enteropathogenic *Escherichia coli* to tissue culture cells. *Infec Immun* 2006; 74:6920-6928.
89. Sharon N, Lis H. The structural basis for carbohydrate recognition by lectins. *Adv Exp Med Biol* 2001; 491:1-16.
90. Ofek I, Hasty DL, Sharon N. Anti-adhesion therapy of bacterial diseases: prospects and problems. *FEMS Immunol Med Microbiol* 2003;38(3):181-191.
91. Fooks L, Gibson GR. *In Vitro* investigations of the effect of probiotics and prebiotics on selected human intestinal pathogens. *FEMS Microbiol Ecology* 2002; 1:67-75.
92. Usera MA, Rodriguez A, Echeita A, Cano R. Multiple analysis of a foodborne outbreak caused by infant formula contaminated by an atypical *Salmonella virchow* strain. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1998; 17(8):551-555.
93. O'Brien S, Healy B, Negredo C, Anderson W, Fanning S, Iversen C. Prevalence of *Cronobacter* species (*Enterobacter sakazakii*) in follow-on infant formulae and infant drinks. *Lett Appl Microbiol.* 2009; 48(5):536-541.
94. Fiore A, Casale M, Aureli P. *Enterobacter sakazakii*: epidemiology, clinical presentation, prevention and control. *Ann Ist Super Sanita* 2008; 44(3):275-280.
95. Hunter CJ, Petrosyan M, Ford HR, Prasadarao NV. *Enterobacter sakazakii*: an emerging pathogen in infants and neonates. *Surg Infect (Larchmt)* 2008; 9(5):533-539.
96. O'Brien S, Healy B, Negredo C, Anderson W, Fanning S, Iversen C. Prevalence of *Cronobacter* species (*Enterobacter sakazakii*) in follow-on infant formulae and infant drinks. *Lett Appl Microbiol.* 2009; 48(5):536-541.
97. Cahill SM, Wachsmuth IK, Costarrica Mde L, Ben Embarek PK. Powdered infant formula as a source of *Salmonella* infection in infants. *Clin Infect Dis.* 2008 Jan 15; 46(2):268-273.
98. Jones TF, Ingram LA, Fullerton KE, Marcus R, Anderson BJ, McCarthy PV, et al. A case-control study of the epidemiology of sporadic *Salmonella* infection in infants. *Pediatrics.* 2006; 118(6):2380-2387.
99. Lai KK. *Enterobacter sakazakii* infections among neonates, infants, children, and adults. *Medicine* 2001;80: 113-122.

Recibido: 07-05-2009

Aceptado: 27-08-2009

## Peso de nacimiento y posterior estado nutricional, desarrollo cognitivo y actividad ocupacional: una revisión crítica

*S. Villegas, R. Ivanovic, H. Pérez, A. Almagià, MS Urrutia,  
M. del P Rodríguez, C. Larraín, D. Ivanovic*

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, Organización Panamericana de la Salud-Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), USA, Universidad Santo Tomás, Chile, Clínica Alemana de Santiago-Universidad del Desarrollo. Chile, School of Public Health, California, USA; Universidad Adventista de Chile, Chile.

**RESUMEN.** El impacto del estado nutricional prenatal, especialmente lo concerniente al peso de nacimiento (PN) y sus efectos tanto en el corto, mediano o largo plazo, sobre el estado nutricional y el desarrollo cognitivo del niño y, sobre la ocupación desempeñada en la vida adulta, ha sido una problemática de interés para diversos investigadores; al respecto, algunos autores encuentran una asociación positiva y significativa entre estas variables, mientras que otros no encuentran ninguna relación. Es así como se ha descrito que niños con PN insuficiente, bajo o, extremadamente bajo, además del deterioro temprano del estado nutricional, presentarían en el corto plazo, un mayor riesgo de daño en la maduración cerebral, retraso del desarrollo cognitivo y menores circunferencias craneanas, lo que implicaría menor volumen encefálico y bajo rendimiento intelectual. En el corto y mediano plazo, esta situación perjudicaría el proceso enseñanza-aprendizaje en la etapa escolar, mientras que en el largo plazo, esto condicionaría la ocupación a desempeñar en la vida adulta. Actualmente, el cuerpo de conocimientos pone de manifiesto que los hallazgos relativos a estas asociaciones no son concluyentes, existiendo gran controversia en estas materias. Este artículo de revisión tiene el propósito de analizar la evidencia existente hasta este momento, con el objeto de incentivar la investigación en estos aspectos que son de gran relevancia para el desarrollo del niño y su vida futura.

**Palabras clave:** Peso de nacimiento, inteligencia, población escolar, estado nutricional, circunferencia craneana, volumen encefálico, actividad ocupacional.

### INTRODUCCION

El impacto del estado nutricional prenatal, especialmente en lo concerniente al peso de nacimiento (PN), sobre el estado

**SUMMARY. Birth weight and later nutritional status, cognitive development and job status: a critical revision.** The impact of prenatal nutritional status, assessed through birth weight (BW) and their effects in the short, medium and long-term on nutritional status, cognitive development and job status in the adult life, has been a problem of interest for several researchers; as regards, some of these report a positive and significant association between these variables and others do not find any relation. Children with insufficient, low or very low BW despite the early more deteriorate nutritional status should present higher risk for brain maturation, failure cognitive development and lowered head circumference which implies both lowered brain volume and intellectual development. In the short and medium-term, this situation damages the learning process at school-age, while in the long-term this might condition the quality of jobs. At present, the body of knowledge pinpoints that findings related to these associations is not conclusive verifying a great controversy in these matters. This review article has the purpose of analyzing the current evidence, in order to stimulate research about to these aspects which are relevant for child development and their future life. **Key words:** Birth weight, intelligence, school age population, nutritional status, head circumference, brain volume, employment.

nutricional y desarrollo cognitivo del niño y, sobre la actividad ocupacional a desempeñar en la vida adulta tanto en el corto, mediano o largo plazo, ha sido una problemática de interés para diversos investigadores; en relación a ello, algunos autores encuentran una asociación positiva y significativa entre estas variables, mientras que otros no encuentran dicha relación. Es así como se ha descrito que niños con PN subóptimos, ya sea insuficiente (PNI), bajo (PNB) o extremadamente bajo (PNEB), además del deterioro temprano del estado nutricional, presentarían en el corto plazo, un mayor riesgo de daño en la maduración cerebral, retraso del desarrollo cognitivo y menor circunferencia craneana (CC), lo que implicaría menor

---

Financiado por: Proyectos 1841167, 1880818, 1961032 del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) y Proyectos S 2169-924F, S 3251-9213, EO11-97/2, SOC 01/13-2, S SOC 04/19-2 de la Universidad de Chile y Becas 024/1997 y 019/1997, del Departamento de Postgrado de la Universidad de Chile.

volumen encefálico y bajo rendimiento intelectual. En el corto y mediano plazo, esta situación perjudicaría el proceso enseñanza-aprendizaje en la etapa académica, mientras que en el largo plazo, condicionaría la actividad ocupacional a desempeñar en la vida adulta (1-21).

El efecto del PN subóptimo sobre el proceso educativo ha sido destacado por numerosos investigadores, quienes señalan las adversas consecuencias que se manifiestan en la edad escolar, en lo que respecta al rendimiento académico, que implica no solo bajo rendimiento escolar (RE), sino también problemas psicológicos y de abandono del sistema educacional (2,9,16,17,22-29).

Sin embargo, otros autores sostienen que el efecto del PN sobre el RE dependería de influencias genéticas (30); no obstante, en la edad adulta, los factores ambientales jugarían un rol más destacado (31). Es así como se sostiene que las intervenciones educacionales tempranas, que modifiquen las condiciones ambientales adversas podrían tener un significativo impacto, en revertir los efectos negativos que sobre el desarrollo cognitivo ejerce un PNB (22,32). Por otra parte, estos niños presentarían menores hábitos de trabajo, oportunidades de acceder a buenos empleos en la vida adulta y, de esa manera, mejorar su calidad de vida (9,22,32).

Algunos de los trabajos desarrollados en torno al impacto del PN del niño y de su EG sobre la inteligencia expresada como coeficiente intelectual (CI) y RE han entregado resultados controversiales, debido a que ciertos investigadores señalan que no tendrían asociación alguna (13,33,34).

En la actualidad, el cuerpo de conocimientos evidencia que los hallazgos relativos a las asociaciones entre el PN y posterior estado nutricional, desarrollo cognitivo y actividad ocupacional en la etapa adulta no son concluyentes y, que existe gran controversia en estas materias. Por estas razones, el propósito de este artículo de revisión es analizar los hallazgos existentes hasta este momento, con el objeto de incentivar la investigación en estos aspectos que son de gran relevancia para el desarrollo del niño y su vida futura.

### **Consideraciones relativas al PN**

El PN, como expresión del mismo, es un buen indicador de salud prenatal y se ha constituido, a la vez, en predictor del crecimiento y desarrollo postnatal, tanto en lo que respecta a la morfología, como a los aspectos fisiológicos, motores, cognitivos, psicolingüísticos y comportamentales (35-38). Entre los factores maternos que influyen sobre el mismo pueden destacarse el estado nutricional, la edad, el número de hijos, los antecedentes patológicos o el consumo de tóxicos, además de factores genéticos (39-43). Asimismo, la educación materna, los cuidados prenatales, el estilo de vida, la situación conyugal y hasta, la actividad laboral de la madre durante la gestación, pueden afectar el PN del neonato (44-46). También, dentro de los factores de riesgo asociados a PNB, se

encuentran las madres adolescentes que presentan alcoholismo, tabaquismo o drogadicción durante la etapa gestacional, a lo que se suma la falta de control prenatal, los que podrían ser en la adolescencia, factores desencadenantes para la posterior problemática de los recién nacidos con PNB.

De esta forma, es fundamental la medicina preventiva, a través de la vigilancia prenatal desde el inicio de la gestación, para así evitar que el proceso gestacional abandone los límites fisiológicos o bien, que al suceder esto, sean detectadas las alteraciones en sus fases iniciales para brindar tempranamente el tratamiento adecuado y con ello, salvaguardar la salud de las madres y sus recién nacidos. Esto permitiría disminuir las tasas de mortalidad materna y perinatal, teniendo como fin último, lograr un incremento en el PN de los recién nacidos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido varias categorizaciones para el PN. De esta forma, los conceptos que maneja la OMS son los siguientes: PNEB (< 1500 g), PNB ( $\geq 1500$  g y < 2500 g), PNI ( $\geq 2500$  g y < 3000 g) y PN normal (PNN) ( $\geq 3000$  g) (47, 48).

Estudios recientes efectuados en modelos en mellizos ponen en evidencia que el PN depende de factores genéticos y ambientales, constatándose que la heredabilidad disminuye durante la gestación desde un 38% a las 25 semanas a un 15% a las 42 semanas, en donde los factores ambientales compartidos y no compartidos jugarían un rol importante (49).

### **Efectos del PN sobre el estado nutricional**

Se ha descrito que los niños con PNB o PNEB presentan en el corto plazo, mayor prevalencia de desnutrición y, en el mediano plazo, un significativo menor peso, talla, CC y, en el largo plazo, consecuencias negativas en el ámbito cognitivo (38). Por otra parte, otros autores han señalado que el PNB o PNEB, durante la etapa adulta, se asociaría con mayor prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles de la dieta, como enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes (50,51).

La desnutrición acaecida a edad temprana, puede causar en el corto, mediano o largo plazo, retraso estatural, menor CC, tamaño cerebral, CI y RE (52,53). Es de relevancia destacar que tanto el cerebro, como el sistema nervioso alcanzan un 25% del tamaño final al momento del nacimiento y hasta un 70% del crecimiento máximo durante el primer año de vida, mientras que a los 6 años de edad se encuentra formada el 90% de la CC del adulto, razón por la cual una adecuada nutrición durante la primera infancia posee mayores beneficios (53-55). Apoyando dicha evidencia, Stoch y cols., verificaron tras varios estudios, que la desnutrición infantil y la subalimentación crónica ocasionan un retraso en el posterior estado nutricional, reducción del tamaño cerebral y, por consiguiente, un menor desarrollo intelectual (53).

El PNB o PNEB producto de desnutrición en útero, po-

dría provocar en el niño desnutrición a edad temprana, especialmente en el primer año de vida, lo que ocasionaría en el menor serias deficiencias nutricionales, de desarrollo cerebral, cognitivas y de RE y mayores dificultades para incorporarse al mundo laboral, realizando ocupaciones de muy bajo prestigio, todas variables que están estrechamente interrelacionadas (56,57). Sin embargo, tampoco estas relaciones son del tipo causa-efecto, ya que se establecen complejas interacciones entre ellas (58). De esta forma, la malnutrición altera el desarrollo del cerebro (solo algunas veces reversible) y el CI porque interfiere tanto con la salud global, como con el nivel de ingesta energética del niño y con las tasas de crecimiento y de desarrollo motor; en este contexto, la pobreza exacerba estos negativos efectos que, en su mayoría, son irreversibles para el menor (58).

### **Efecto del PN sobre el desarrollo cognitivo**

#### **Efecto del PN sobre el rendimiento académico en la etapa escolar**

El PN ha cobrado relevancia en la actualidad en temáticas de diversas investigaciones, dado que los hallazgos señalan que éste afectaría el desempeño cognitivo de los sujetos, tanto en la inteligencia, como en el RE, y en la posterior actividad ocupacional en la vida adulta, bajo la influencia de factores genéticos y ambientales (30,31,59). Aún en óptimas condiciones socioeconómicas, existe un 20% de niños con PNEB y con incapacidad intelectual, por lo que 1 de cada 2 niños requerirán educación especial (38).

Investigaciones contemporáneas han puesto énfasis en el significativo impacto que ejerce el estado nutricional prenatal representado por el PN, sobre el posterior desarrollo físico e intelectual de los niños. Es así, como algunos de los hallazgos señalan que individuos nacidos con PNB o PNEB presentarían daño cerebral, limitaciones en las funciones de plasticidad, secuelas en el neurodesarrollo y crecimiento que persisten en la etapa del adulto joven. Esta disfunción cognitiva se traduciría en menor grado de inteligencia, dificultad en la capacidad ejecutiva, y menor RE, lo que tendría implicancias en el posterior proceso enseñanza-aprendizaje de los sujetos (7,8,15,21,38,60-62).

Diversos estudios han destacado el significativo impacto del PN sobre el desarrollo cognitivo y sobre el proceso educacional, medido como rendimiento escolar (30). Al respecto, se ha enfatizado que, a medida que transcurre el tiempo, adquirirían mayor relevancia los factores socioambientales, los que jugarían un rol más importante en el desarrollo cognitivo del individuo (31,59).

El PNB ejerce efectos negativos sobre el desarrollo cognitivo (22), por lo que en el sector educación, las políticas públicas en este ámbito, debieran proteger el normal desarrollo neurológico en la etapa escolar y adulta de los sujetos, y

también, llevar a cabo intervenciones educacionales tempranas, que modifiquen las condiciones ambientales adversas. Los resultados académicos insatisfactorios de los escolares pobres, podrían ser explicados por condiciones ambientales deficientes y una situación familiar que no favorece el óptimo desarrollo cognitivo (22).

Los resultados de variados investigadores han confirmado el efecto del PNB sobre el rendimiento escolar (RE) y se ha descrito que los niños que nacen prematuros y con PNEB para la edad gestacional (EG), manifiestan durante la etapa escolar, problemas de atención y concentración, de memoria, y, por consiguiente, de deserción escolar (2,9,16,17,22-28). También se les ha asociado con secuelas sicomotoras (29). No obstante, algunos autores sostienen que el posterior desarrollo cognitivo y socioemocional de este grupo vulnerable, se ubicaría dentro de rangos normales, en etapas más avanzadas de la vida (63).

Algunas investigaciones desarrolladas con la finalidad de medir el impacto del PN y EG sobre la inteligencia y RE han entregado resultados controversiales, debido a que ciertos autores señalan que no tendrían asociación alguna (13,33,34), mientras que otros autores sostienen que el efecto del PN sobre el RE dependería de influencias genéticas (30); no obstante, en la edad adulta, los factores ambientales jugarían un rol más destacado (31). Es así como se sostiene que las intervenciones educativas tempranas, que modifiquen las condiciones ambientales adversas podrían tener un significativo impacto en revertir los negativos efectos que sobre el desarrollo cognitivo ejerce un PNB (22,32).

Existe evidencia substancial que señala que, además del PN subóptimo, una reducida lactancia materna y una nutrición deficitaria se asocian, a largo plazo, en un menor desarrollo cognitivo, y consecuentemente en un menor RE en los sujetos (64).

### **Efecto del PN sobre la inteligencia posterior**

El PN ha sido directa y significativamente asociado con el posterior CI del niño y algunos autores lo han asociado también, con el desarrollo cognitivo en la etapa adulta (62,65). El efecto del PNEB el cual se manifestaría en desnutrición a edad temprana, la cual se asociaría principalmente a una CC subóptima y menor CI ha sido comunicado en diversas investigaciones (1, 66-70). La CC es el parámetro antropométrico que se configura como un indicador de historia nutricional y de desarrollo cerebral y, que mayormente contribuye a explicar el RE, el CI y la deserción en el sistema educacional (71-73), cuyo impacto va en aumento a medida que se asciende en el sistema educativo. Los niños con CC subóptima no solo presentan un volumen encefálico disminuido, sino también, menor CI, RE y una historia nutricional más deteriorada, tanto en los parámetros de nutrición prenatal representados por el peso y la talla de nacimiento, como postnatal (74,75). Un

estudio en escolares que egresaban de enseñanza media, comprueba que la CC es el único parámetro antropométrico que se asoció directa y significativamente con el RE, constatándose que un alto porcentaje de escolares que obtienen bajos puntajes en la Prueba de Aptitud Académica (PAA) presentaron CC subóptima, al mismo tiempo que un bajo CI (71,73).

Se ha formulado la hipótesis que, independientemente del nivel socioeconómico y del sexo, los escolares con similar CI tienen similares parámetros de estado nutricional, desarrollo cerebral y RE y, que estas variables estarían significativamente interrelacionadas (76). Sin embargo, lo anteriormente expuesto refleja solo asociaciones estadísticas y no relaciones de causa-efecto.

Investigaciones a nivel internacional han confirmado que el CI se asociaría directa y significativamente al desarrollo cerebral (56,57); al respecto, mediante resonancia magnética por imágenes (RMI), se ha obtenido una correlación directa y significativa entre el CI y el tamaño cerebral de estudiantes que ingresan a la educación superior, llevando a los investigadores a concluir que un cerebro más grande, probablemente implica un mayor número de neuronas en la corteza cerebral, a la vez que se observó una mayor delimitación de las áreas de sustancia blanca, lo que indicaría una mejor mielinización, que favorecería una más eficiente conducción neuronal (77). Además, se ha observado que los cerebros de los estudiantes con bajo CI tienden a tener la apariencia del de una persona en pleno período de envejecimiento, etapa en que existe un deterioro progresivo de la mielina que recubre las fibras nerviosas (77). Otras publicaciones han señalado que el CI de estudiantes nacidos con PNEB es menor en comparación con escolares de PNN, pero aún así, son necesarios estudios adicionales que determinen si este retraso en el neurodesarrollo persiste en etapa adulta y si existen factores adicionales (63). De igual forma, se ha verificado que la inteligencia es uno de los parámetros que mejor predice el RE (78-80).

A principios de la década de los 80, Jensen (81), publicó los resultados de un estudio de mejoramiento de la inteligencia, en el que determinó que el CI de los sujetos en edad preescolar es más moldeable que el de los menores a mayor edad; además encontró que los programas iniciados antes y mantenidos por más tiempo, proporcionaban mayores beneficios a nivel social, económico y educacional, dado que ampliarían las ventajas de los individuos de una población, en especial, en la sociedad actual donde las exigencias cognitivas son mayores para los sujetos funcionalmente activos (82, 83).

Estudios recientes han asociado al PNB con menores promedios de CI, al comparárseles con individuos nacidos con PNN (4, 23, 84). Esta relación tendría su explicación en la nutrición fetal durante el período gestacional, ya que es la etapa de mayor proliferación neuronal; por lo tanto, una ganancia ponderal prenatal ofrece un mayor impacto positivo sobre el desarrollo cognitivo de los sujetos, que la ganancia de peso

postnatal (85). Con relación a ello, un estudio Noruego del año 2001, identificó al PN como predictor del CI posterior en niños nacidos con PNEB (86). No obstante, algunos autores no verifican esta asociación y concluyen que el retraso en el crecimiento intrauterino, resultante en un PNEB o PNB tiene un pequeño impacto en el CI posterior, a excepción de que vaya acompañado de serios déficit en el tamaño de la CC (87).

Las interrelaciones entre la inteligencia y la historia nutricional reflejadas por una disminuida CC podrían estar afectadas por el PN y otras variables (1,52,53,56,62,71,76-79,88-94). Sin embargo, otros autores han señalado que el retraso del crecimiento fetal no se asociaría con menor inteligencia en la etapa adulta; las adaptaciones que haría el feto, en respuesta a condiciones de retraso de crecimiento, parecerían ser enormemente exitosas en la protección del desarrollo de su cerebro (95).

La inteligencia, se define sencillamente como: “la capacidad de entender, asimilar, elaborar información y utilizarla adecuadamente”; mientras que, la definición diferencial entregada por la American Psychological Association (APA), lo expone del siguiente modo: “Los individuos difieren los unos de los otros en la habilidad de comprender ideas complejas, de adaptarse eficazmente al entorno, a situaciones nuevas, así como el de aprender de la experiencia, en encontrar varias formas de razonar, de superar obstáculos mediante la reflexión. A pesar de que estas diferencias individuales puedan ser sustanciales, éstas nunca son completamente consistentes: las características intelectuales de una persona variarán en diferentes ocasiones, en diferentes dominios, y juzgarán con diferentes criterios. El concepto de «inteligencia» es una tentativa de aclarar y organizar este conjunto complejo de fenómenos” (96). Desde siempre ha sido controversial la medición de la inteligencia y, más aún, los esfuerzos realizados para identificar las contribuciones relativas a la herencia y al medioambiente sobre ésta; a pesar de ello, es factible su medición, por medio del empleo de test. Sin embargo, es preciso señalar que el concepto de inteligencia humana excede, indudablemente, aquello que es medido por dichos tests; no obstante, el concepto de inteligencia o de CI que es manejado en los diversos estudios refleja lo que la mayoría de éstos definen operacionalmente como inteligencia, es decir, el rendimiento en tests que miden el CI o similares (96).

El estudio de la inteligencia ha sido un tema de interés constante en la psicología, centrándose en cómo influye el ambiente familiar, escolar y social sobre ésta, mientras que otras disciplinas del saber, se han centrado en torno a las relaciones existentes entre genética, nutrición y neurodesarrollo con el CI, RE y desempeño laboral. Existe evidencia que el desarrollo cognitivo de los niños estaría influenciado por factores genéticos y ambientales, es decir, los niños tienen un potencial determinado genéticamente para el desarrollo físi-

co y cognitivo. Sin embargo, los factores ambientales, ya sean una nutrición adecuada y la capacidad de los padres para fomentar un ambiente estimulante, deben de tener, quizás, una mayor influencia positiva sobre el desarrollo cognitivo de los niños (36,64).

Para esclarecer la contribución del impacto genético o medioambiental sobre el PN y CI, se han llevado a cabo investigaciones en modelos de mellizos. Al respecto, los hallazgos de algunos de estos estudios se inclinan por una mayor contribución del factor genético, ya sea sobre la posterior inteligencia (97) como sobre el estado nutricional (98). No obstante, otros autores afirman que las influencias medioambientales sobre el PN son de relevancia, no así en la contribución al CI (84). También se sostiene que durante la infancia los mellizos muestran menores puntajes en el CI, al comparárseles con sujetos no mellizos; lo que sería a consecuencia de un menor crecimiento intrauterino y más breve tiempo gestacional (99). Por su parte, un trabajo recientemente publicado señala que las diferencias en los puntajes de CI entre mellizos monozigóticos, se debería a desiguales PN, hecho que explicaría un mayor impacto de factores medioambientales durante la etapa gestacional (60).

Los hallazgos de otros investigadores subrayan la gran importancia de los factores ambientales compartidos sobre el PN, explicando aproximadamente, un 60% de éste. Sin embargo, los factores genéticos explicarían el 72% de la varianza del CI. La relación PN y CI estaría mediada principalmente por factores fenotípicos (84). No obstante, los autores sugieren que las investigaciones futuras tendientes a determinar las interrelaciones entre PN y CI requerirían la medición del CI de la madre, por la manifiesta implicancia que la estimulación y motivación que ésta ejerce sobre el hijo, y que contribuye a determinar, de manera importante su CI (84). Al respecto, se ha verificado que el CI materno es, entre muchas, la variable que mayormente contribuye a determinar el CI del hijo (76). Al respecto, la madre ha sido destacada como una de las variables de mayor impacto en el desarrollo del niño, tanto en su rendimiento escolar, como intelectual y diversos organismos internacionales han señalado que la educación de la mujer debe ser objeto de especial prioridad (100).

### **Efectos a largo plazo del PNB**

El estado nutricional de la embarazada adquiere especial importancia, especialmente en lo que respecta a la ingesta deficiente de micronutrientes, especialmente de hierro, zinc y ácido fólico o vitamina B9, junto a otras vitaminas del complejo B, como las vitaminas B1, B6 y B12. Estas deficiencias de micronutrientes en la dieta de la embarazada, además de tener una manifiesta implicancia en el PNB, tiene un impacto negativo tanto en el desarrollo cerebral del feto, como en el posterior desarrollo cognitivo del niño, tanto en el corto, como en el largo plazo (101).

También existen investigadores que han centrado su atención en la problemática de un PNB y prematuridad, asociado a dificultades socioeconómicas, y por tanto, a una calidad de vida menor (102,103). Por otra parte, estos niños presentarían, en el largo plazo, menores hábitos de trabajo, oportunidades de acceder a buenos empleos en la vida adulta y, de esa manera, mejorar su calidad de vida (9,22,32).

El nivel intelectual se relaciona directa e intensamente con el rendimiento en contextos sociales, económicos, ocupacionales y educativos y aunque no es el único factor que influye en el RE, laboral o académico, si es con frecuencia el más determinante (104). Es de esperar entonces, que si se potencia el nivel intelectual en los niños que se encuentran aún, en la etapa en que el cerebro es más maleable, el rendimiento futuro en los contextos antes descritos, mejoraría considerablemente en la etapa adulta. De acuerdo a este planteamiento, se destaca lo expuesto por Samuelsson y cols., los niños nacidos con PNEB, a través del tiempo, mejoran sus capacidades de lectura, las que en una primera etapa demostraron un déficit notable en relación con niños con PNN (105). Otra revisión que hace mención al factor tiempo, es la publicada por Saigal y cols., donde no se apreciaron diferencias significativas entre jóvenes nacidos con PNEB versus quienes presentaron PNN, por lo que concluyen que la mayoría de estos niños vulnerables han superado sus dificultades convirtiéndose en adultos jóvenes funcionales (106).

Al respecto, diversos autores han confirmado que el PNB o PNEB se asocia significativamente no sólo a mayor prevalencia de desnutrición, retraso estatural, CC subóptima, menor volumen encefálico, menor CI, y menor RE, sino también, como resultante de esta privación, con menor nivel ocupacional en la vida adulta (11, 60). Por el contrario, otros autores indican que el PNEB no se asocia al nivel educacional alcanzado ni a la actividad ocupacional desempeñada (106).

### **Consideraciones finales**

El presente artículo de revisión ha descrito los hallazgos de diversos investigadores los cuales han destacado el impacto ejercido por el estado nutricional prenatal o postnatal temprano, sobre el estado nutricional, la inteligencia, el RE del niño y, posteriormente, en la actividad ocupacional a desempeñar en la vida adulta. No obstante, otros autores no han encontrado asociación significativa alguna.

En consideración a que los hallazgos analizados en la revisión bibliográfica hasta el momento no son concluyentes y que existe gran controversia en este aspecto, se hace necesario el desarrollo de mayor investigación al respecto que permita esclarecer las interrelaciones entre las variables analizadas en este ámbito, que es de relevancia para el desarrollo del niño y su vida futura.

Al respecto, se ha sugerido que las investigaciones en el ámbito de la salud, fomenten la incorporación de un enfoque

especialmente en el campo de los derechos humanos, para que las niñas y los niños menores de tres años, las gestantes y las madres en lactancia, sean el centro de las políticas públicas de Seguridad Alimentaria y Nutricional, y sujetos de especial protección (107). En este sentido, el PNB cobra especial importancia, ya que en el mundo en desarrollo no se pesa a dos tercios de los recién nacidos (100).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores formulan sus más sinceros agradecimientos al Ministerio de Educación de Chile, por todas las facilidades otorgadas a la realización del presente trabajo de revisión. Este análisis de revisión fue financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) Proyectos 1841167, 1880818 y 1961032 y por el Departamento de Investigación (DI) de la Universidad de Chile, Proyectos S 2169-924F, S 3251-9213, EO11-97/2, SOC 01/13-2 y SOC 04/19-2 y Becas 024/1997 y 019/1997, del Departamento de postgrado de la Universidad de Chile.

### REFERENCIAS

1. Botting N, Powlis A, Cooke RW, Marlow N. Cognitive and educational outcome of very-low-birthweight children in early adolescence. *Dev Med Child Neurol.* 1998; 40: 652-60.
2. Casey PH, Whiteside-Mansell L, Barrett K, Bradley RH, Gargus R. Impact of prenatal and/or postnatal growth problems in low birth weight preterm infants on school-age outcomes: an 8-year longitudinal evaluation. *Pediatrics.* 2006; 118: 1078-86.
3. De Regnier R. Neurophysiologic evaluation of brain function in extremely premature newborn infants. *Semin Perinatol.* 2008; 32: 2-10.
4. Elgen I, Sommerfelt K. Low birthweight children: coping in school? *Acta Paediatr.* 2002; 91: 939-45.
5. Feldman R, Eidelman AI. Neonatal state organization, neuromaturation, mother-infant interaction, and cognitive development in small-for-gestational-age premature infants. *Pediatrics.* 2006; 118: e869-e78.
6. Geva R, Eshel R, Leitner Y, Valevski AF, Harel S. Neuropsychological outcome of children with intrauterine growth restriction: a 9-year prospective study. *Pediatrics.* 2006; 118: 91-100.
7. Halsey CL, Collin MF, Anderson CL. Extremely low-birthweight children and their peers. A comparison of school-age outcomes. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 1996; 150: 790-94.
8. Harvey JM, O'Callaghan MJ, Mohay H. Executive function of children with extremely low birthweight: a case control study. *Dev Med Child Neurol.* 1999; 41: 292-97.
9. Hille ET, Weisglas-Kuperus N, van Goudoever JB, Jacobusse GW, Ens-Dokkum MH, de Groot L, et al. Functional outcomes and participation in young adulthood for very preterm and very low birth weight infants: the Dutch Project on Preterm and Small for Gestational Age Infants at 19 years of age. *Pediatrics.* 2007; 120: e587-e95.
10. Isaacs E, Lucas A, Chong W, Wood S, Johnson C, Marshall C, et al. Hippocampal volume and everyday memory in children of very low birth weight. *Pediatr Res.* 2000; 47: 713-20.
11. Kristensen P, Bjerkedal T, Irgens LM. Birthweight and work participation in adulthood. *Int J Epidemiol.* 2004; 33: 849-56.
12. Kulseng S, Jennekens-Schinkel A, Naess P, Romundstad P, Indredavik M, Vik T, et al. Very-low-birthweight and term small-for-gestational-age adolescents: attention revisited. *Acta Paediatr.* 2006; 95: 224-30.
13. Lagerström M, Bremme K, Eneroth P, Magnusson D. Scand. School performance and IQ-test scores at age 13 as related to birth weight and gestational age. *J Psychol.* 1991; 32: 316-24.
14. Lefebvre F, Mazurier E, Tessier R. Cognitive and educational outcomes in early adulthood for infants weighing 1000 g or less at birth. *Acta Paediatr.* 2005; 94: 733-40.
15. Mikkola K, Ritari N, Tommiska V, Salokorpi T, Lehtonen L, Tammela O, et al. Neurodevelopmental outcome at 5 years of age of a national cohort of extremely low birth weight infants who were born in 1996-1997. *Pediatrics.* 2005; 116: 1391-400.
16. Narberhaus A, Segarra D, Giménez M, Junqué C, Pueyo R, Botet F. Memory performance in a sample of very low birth weight adolescents. *Dev Neuropsychol.* 2007; 31: 129-35.
17. Peng Y, Huang B, Biro F, Feng L, Guo Z, Slap G. Outcome of low birthweight in China: a 16-year longitudinal study. *Acta Paediatr.* 2005; 94: 843-49.
18. Power C, Jefferis BJ, Manor O, Hertzman C. The influence of birth weight and socioeconomic position on cognitive development: Does the early home and learning environment modify their effects?. *J Pediatr.* 2006; 148: 54-61.
19. Seidman LJ, Buka SL, Goldstein JM, Horton NJ, Rieder RO, Tsuang MT. The relationship of prenatal and perinatal complications to cognitive functioning at age 7 in the New England Cohorts of the National Collaborative Perinatal Project. *Schizophr Bull.* 2000; 26: 309-21.
20. Spittle AJ, Orton J, Doyle LW, Boyd R. Early developmental intervention programs post hospital discharge to prevent motor and cognitive impairments in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007; (2): CD005495.
21. Taylor HG, Minich N, Bangert B, Filipek PA, Hack M. Long-term neuropsychological outcomes of very low birth weight: associations with early risks for periventricular brain insults. *J Int Neuropsychol Soc.* 2004; 10: 987-1004.
22. Black MM, Dubowitz H, Krishnakumar A, Starr RH Jr. Early intervention and recovery among children with failure to thrive: follow-up at age 8. *Pediatrics.* 2007; 120: 59-69.
23. Douglas JW, Gear R. Children of low birthweight in the 1946 national cohort. Behaviour and educational achievement in adolescence. *Arch Dis Child.* 1976; 51: 820-27.
24. Hack M. Young adult outcomes of very-low-birth-weight children. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2006; 11: 127-37.
25. Deforge H, André M, Hascoët JM, Toniolo AM, Demange V, Fresson J. Cognitive development and attention performances at school age of "normal" prematurely born children. *Arch Pediatr.* 2006; 13: 1195-201.
26. Sullivan MC, Margaret MM. Perinatal morbidity, mild motor delay, and later school outcomes. *Dev Med Child Neurol.* 2003; 45: 104-12.

27. Ulvund SE, Smith L, Lindemann R. Psychological status at 8-9 years of age in children with birth weight below 1,501 g. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2001; 121: 298-302.
28. Rodrigues MC, Mello RR, Fonseca SC. Learning difficulties in schoolchildren born with very low birth weight. *J Pediatr (Rio J)*. 2006; 82: 6-14.
29. Gassió R, Monsó G, Póo P, Navarro A, Iriondo M, Ibáñez M, et al. Neurological development of very low birth weight infants (<1,501 g) at two years of age. *Rev Neurol*. 1995; 23: 635-38.
30. Keltikangas-Järvinen L, Elovainio M, Kivimäki M, Raitakari OT, Viikari JS, Lehtimäki T. Dopamine receptor D2 gene Taq1A (C32806T) polymorphism modifies the relationship between birth weight and educational attainment in adulthood: 21-year follow-up of the Cardiovascular Risk in Young Finns study. *Pediatrics*. 2007; 120: 756-61.
31. Tong S, Baghurst P, McMichael A. Birthweight and cognitive development during childhood. *J Paediatr Child Health*. 2006; 42: 98-103.
32. Smith KE, Landry SH, Swank PR. The role of early maternal responsiveness in supporting school-aged cognitive development for children who vary in birth status. *Pediatrics*. 2006; 117: 1608-17.
33. Baron IS, Litman FR, Ahronovich MD, Larson JC. Neuropsychological outcomes of preterm triplets discordant for birthweight: a case report. *Clin Neuropsychol*. 2007; 21: 338-62.
34. Emond AM, Lira PI, Lima MC, Grantham-McGregor SM, Ashworth A. Development and behaviour of low-birthweight term infants at 8 years in northeast Brazil: a longitudinal study. *Acta Paediatr*. 2006; 95: 1249-57.
35. Retortillo FF. Repercusiones del bajo peso en el desarrollo a los 6 años. [Tesis Doctoral]. Bolonia: Facultad de Psicología, Universidad Nacional de educación a Distancia; 1989.
36. Mulas DF. Evolución neuropsicológica a largo plazo en la edad escolar de los recién nacidos con peso al nacimiento inferior a los 1000 g. [Tesis Doctoral]. Valencia: Facultad de Medicina, Universidad de Valencia; 1993.
37. Soriano LT, Juarranz SM, Valero de BJ, Martínez HD, Calle PM, Domínguez RV. Principales factores de riesgo del bajo peso al nacer. Análisis multivariante. *Rev de la SEMG*. 2003; 53: 263-70.
38. De Curtis M, Rigo J. Extrauterine growth restriction in very-low-birthweight infants. *Acta Paediatr*. 2004; 93: 1563-68.
39. Bortman F. Factores de riesgo de bajo peso al nacer. *Rev Panam Salud Pública*. 1998; 3: 314-21.
40. Campbell J, Torres S, Ryan J, King C, Campbell DW, Stallings RY, et al. Physical and non-physical partner abuse and other risk factors for low birth weight among full term and preterm babies: a multiethnic case-control study. *Am J Epidemiol*. 1999; 150: 714-26.
41. Silva AA, Lamy-Filho F, Alves MT, Coimbra LC, Bettiol H, Barbieri MA. Risk factors for low birth weight in north-east Brazil: The role of caesarean section. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2001; 15: 257-64.
42. Lagos SR, Espinoza GR, Orellana CJJ. Estado nutritivo materno inicial y peso promedio de sus recién nacidos a término. *Rev Chil Nutr*. 2004; 31: 52-7.
43. Sánchez-Zamorano LM, Téllez-Rojo MM, Hernández Ávila M. Efecto del tabaquismo durante el embarazo sobre la antropometría al nacimiento. *Salud Pública Mex*. 2004; 46: 529-33.
44. Hernández Peña P, Kageyama M, Coria I, Hernández B, Harlow S. Condiciones de trabajo, fatiga laboral y bajo peso al nacer en vendedoras ambulantes. *Salud Pública Mex*. 1999; 41: 101-09.
45. Lomaglio DB, Verón JA, Díaz MC. Análisis de variables socio-económicas en relación a la salud infantil en la provincia de Catamarca. En: Producciones Científicas NOA 2002. CD ROM, sección Salud y Calidad de Vida: 2002. p. 1-6.
46. Todd Jewell R, Triunfo P, Aguirre R. Impacto de los cuidados prenatales en el peso al nacer. El caso de Uruguay. Montevideo: Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República. 2004. Informe Científico N° 7. Patrocinado por la Universidad de la República.
47. World Health Organization Expert Committee on the Use and Interpretation of Anthropometry. *Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 1995.
48. World Health Organization Low birth weight. A tabulation of available information. Ginebra, WHO, 1992 (WHO/MCH/92.2).
49. Gielen M, Lindsey PJ, Derom C, Smeets HJ, Souren NY, Paulussen AD, et al. Modeling genetic and environmental factors to increase heritability and ease the identification of candidate genes for birth weight: a twin study. *Behav Genet*. 2008; 38: 44-54.
50. Guerra A, Rego C, Vasconcelos C, Silva D, Castro E, Guimarães MJ. Low birth weight and cardiovascular risk factors at school age. *Rev Port Cardiol*. 2004; 23: 325-39.
51. Dunger DB, Salgin B, Ong KK. Session 7: Early nutrition and later health early developmental pathways of obesity and diabetes risk. *Proc Nutr Soc*. 2007; 66: 451-57.
52. Ivanovic D. Does undernutrition during infancy inhibit brain growth and subsequent intellectual ability?. *Comments. Nutrition*. 1996; 12: 568-71.
53. Stoch MB, Smythe PM. Does Undernutrition During Infancy Inhibit Brain Growth and Subsequent Intellectual Development?. *Arch Dis Child*. 1963; 38: 546-52.
54. Daza CH. Nutrición infantil y rendimiento escolar. *Colombia Med*. 1997; 28: 92-8.
55. Ivanovic D, Olivares M, Castro C, Ivanovic R. Circunferencia craneana de escolares chilenos de 5 a 18 años. Región Metropolitana de Chile. 1986-1987 y 1992. *Rev Med Chile*. 1995; 123: 587-99.
56. Ivanovic D, Leiva B, Perez H, Inzunza N, Almagià A, Toro T, et al. Long-term effects of severe undernutrition during the first year of life on brain development and learning in Chilean high school graduates. *Nutrition*. 2000b; 16: 1056-63.
57. Ivanovic D, Pérez H, Leiva B, Almagià A, Urrutia MS, Larraín C, et al. Neuropsychological parameters affecting the Academic Aptitude Test (AAT) achievement at the end of high school in 1996 and their impact on job status in 2002: A multifactorial approach in a follow-up study. In: Joshua R. Dupri (Ed.), *Focus on Neuropsychology Research*, New York: Nova Science Publishers; 2006. p. 103-40.
58. Brown JL, Pollitt E. Malnutrition, Poverty and Intellectual Development. *Sci Amer*. 1996; 274: 38-43.

59. Silva A, Metha Z, O'Callaghan FJ. The relative effect of size at birth, postnatal growth and social factors on cognitive function in late childhood. *Ann Epidemiol.* 2006; 16: 469-76.
60. Newcombe R, Milne BJ, Caspi A, Poulton R, Moffitt TE. Birthweight predicts IQ: fact or artefact?. *Twin Res Hum Genet.* 2007; 10: 581-86.
61. Stjernqvist K, Svenningsen NW. Ten-year follow-up of children born before 29 gestational weeks: health, cognitive development, behaviour and school achievement. *Acta Paediatr.* 1999; 88: 557-62.
62. Sorensen HT, Sabroe S, Olsen J, Rothman KJ, Gillman MW, Fisher P. Birth weight as a predictor of young men's intelligence. A historical cohort study. *Ugeskr Laeger.* 1999; 161: 791-93.
63. Portnoy S, Callias M, Wolke D, Gamsu H. Five-year follow-up study of extremely low-birthweight infants. *Dev Med Child Neurol.* 1988; 30: 590-98.
64. Grantham-McGregor SM, Walker SP, Chang S. Nutritional deficiencies and later behavioural development. *Proc Nutr Soc.* 2000; 59: 47-54.
65. Bacharach VR, Baumeister AA. Effects of maternal intelligence, marital status, income, and home environment on cognitive development of low birthweight infants. *J Pediatr Psychol.* 1998; 23: 197-205.
66. Hack M, Breslau N. Very low birth weight infants: effects of brain growth during infancy on intelligence quotient at 3 years of age. *Pediatrics.* 1986; 77: 196-202.
67. Hack M, Breslau N, Weissman B, Aram D, Klein N, Borawski E. Effect of very low birth weight and subnormal head size on cognitive abilities at school age. *N Engl J Med.* 1991; 325: 231-37.
68. Ounsted M, Moar VA, Scott A. Head circumference and developmental ability at the age of seven years. *Acta Paediatr Scand.* 1988; 77: 374-79.
69. Teplin SW, Burchinal M, Johnson-Martin N, Humphry RA, Kraybill EN. Neurodevelopmental, health and growth status at age 6 years of children with birth weights less than 1001 g. *J Pediatr.* 1991; 118: 768-77.
70. Pryor J, Silva PA, Brooke M. Growth, development and behaviour in adolescents born small-for-gestational-age. *J Paediatr Child Health.* 1995; 31: 403-7.
71. Ivanovic D, Olivares M, Castro C, Ivanovic R. Nutrition and Learning of Chilean School Children Chile's Metropolitan Region. Survey 1986-1987. *Nutrition.* 1996; 12: 321-28.
72. Ivanovic DM, Rodríguez M del P, Pérez HT, Alvear J, Díaz NS, Leyton BD, et al. Twelve-year follow-up study of the impact of nutritional status at the onset of elementary school on later educational situation of Chilean school-age children. *Eur J Clin Nutr.* 2008; 62: 18-31.
73. Ivanovic R, Forno H, Castro CG, Ivanovic D. Intellectual ability and nutritional status assessed through anthropometric measurements of Chilean school-age children from different socioeconomic status. *Ecol Food Nutr.* 2000; 39: 35-59.
74. Ivanovic DM, Leiva BP, Pérez HT, Olivares MG, Díaz NS, Urrutia MSC, et al. Head size and intelligence, learning, nutritional status and brain development. *Neuropsychología.* 2004; 42: 1118-31.
75. Ivanovic DM, Leiva BP, Castro CG, Olivares MG, Jansana JM, Castro V, et al. Brain Development Parameters and Intelligence in Chilean High School Graduates. *Intelligence.* 2004; 32: 461-79.
76. Ivanovic D, Leiva B, Pérez H, Almagià A, Toro T, Urrutia MS, et al. Nutritional status, brain development and scholastic achievement of Chilean high school graduates from high and low intellectual quotient and socioeconomic status. *Br J Nutr.* 2002; 87: 81-92.
77. Willerman L, Schultz R, Rutledge JN, Bigler DE. In vivo brain size and intelligence. *Intelligence.* 1991; 15: 223-28.
78. Ivanovic D, Ivanovic R, Truffello I, Buitrón C. Nutritional status and educational achievement of elementary first grade Chilean students. *Nutr Rep Int.* 1989; 39: 163-75.
79. Ivanovic D, Almagià A, Toro T, Castro C, Pérez H, Urrutia MS, et al. Impacto del estado nutricional en el desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar, en el marco de un enfoque multifactorial. *La Educación (Organización de los Estados Americanos, OEA).* 2000; 44: 3-35.
80. Ivanovic D, Pérez H, Olivares M, Díaz N, Leyton B, Ivanovic R. Scholastic Achievement: A Multivariate Analysis of Nutritional, Intellectual, Socio-Economic, Socio-Cultural, Family and Demographic Variables in Chilean School-Age Children. *Nutrition.* 2004; 20: 878-89.
81. Jensen A. *Straight talk about mental Test.* London: Methuen; 1981.
82. Hunt E. *Will be we smart enough? A cognitive analysis of the coming workforce.* New York: Russel Sage Foundation. 1995.
83. Hunt E. El papel de la inteligencia en la sociedad moderna. En A. Andrés Pueyo y R. Colom (comps., 1998): *Ciencia y política de la inteligencia en la sociedad moderna.* Madrid: Biblioteca Nueva. 1995.
84. Luciano M, Wright MJ, Martin NG. Exploring the etiology of the association between birthweight and IQ in an adolescent twin sample. *Twin Res.* 2004; 7: 62-71.
85. Corbett SS, Drewett RF, Durham M, Tymms P, Wright CM. The relationship between birthweight, weight gain in infancy, and educational attainment in childhood. *Paediatr Perinat Epidemiol.* 2007; 21: 57-64.
86. Smith L, Ulvund SE, Lindemann R. Prediction of IQ among children with birth weight under 1,501 g. *Tidsskr Nor Laegeforen.* 2001; 121: 1886-91.
87. Strauss RS, Dietz WH. Growth and development of term children born with low birth weight: effects of genetic and environmental factors. *J Pediatr.* 1998; 133: 67-72.
88. Leiva B, Inzunza N, Pérez H, Castro V, Jansana JM, Toro T, et al. Algunas consideraciones sobre el impacto de la desnutrición en el desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar. *Arch Latinoam Nutr.* 2001; 51: 64-71.
89. Matte TD, Bresnahan M, Begg MD, Susser E. Influence of variation in birth weight within normal range and within sibships on IQ at age 7 years: cohort study. *Br Med J.* 2001; 323: 310-14.
90. Pennington BF, Filipek PA, Lefly D, Chhabildas N, Kennedy DN, Simon JH, et al. A twin MRI study of size variations in human brain. *J Cogn Neurosci.* 2000; 12: 223-32.

91. Reiss AI, Abrams MT, Singer HS, Ross JL, Denckla MB. Brain development, gender and IQ in children. A volumetric imaging study. *Brain*. 1996; 119: 1763-74.
92. Stathis SL, O'Callaghan M, Harvey J, Rogers Y. Head circumference in ELBW babies is associated with learning difficulties and cognition but not ADHD in the school-aged child. *Dev Med Child Neurol*. 1999; 41: 375-80.
93. Toro T, Almagià A, Ivanovic D. Evaluación antropométrica y rendimiento escolar en estudiantes de educación media de Valparaíso, Chile. *Arch Latinoam Nutr*. 1998; 48: 201-9.
94. Vernon PA, Wickett JC, Bazana PG, Stelmack RM. The neuropsychology and psychophysiology of human intelligence. In: R.J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Intelligence* Cambridge: Cambridge University Press. 2000. p. 245-64.
95. Martyn CN, Gale CR, Sayer AA, Fall C. Growth in utero and cognitive function in adult life: follow up study of people born between 1920 and 1943. *Br Med J*. 1996; 312: 1393-96.
96. Székely B. *Los tests*. Buenos Aires: Kapelusz; 1966. p. 335-70.
97. McClearn GE, Johansson B, Berg S, Pedersen NL, Ahern F, Petrill SA, Plomin R. Substantial Genetic Influence on Cognitive Abilities in Twins 80 or More Years Old. *Science*. 1997; 276: 1560-63.
98. Hur YM. Sex Difference in Heritability of BMI in South Korean Adolescent Twins. *Obesity (Silver Spring)*. 2007; 15:2908-11.
99. Ronalds GA, De Stavola BL, Leon DA. The cognitive cost of being a twin: evidence from comparisons within families in the Aberdeen children of the 1950s cohort study. *Br Med J*. 2005; 331: 1306.
100. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. *Estado Mundial de la Infancia*. UNICEF 2004.
101. Bourre JM. Effects of nutrients (in food) on the structure and function of the nervous system: update on dietary requirements for brain. Part 1: micronutrients. *J Nutr Health Aging*. 2006;10(5):377-85.
102. Barker DJ, Forsén T, Uutela A, Osmond C, Eriksson JG. Size at birth and resilience to effects of poor living conditions in adult life: longitudinal study. *Br Med J*. 2001; 323: 1273-76.
103. Bartley M, Power C, Blane D, Smith GD, Shipley M. Birth weight and later socioeconomic disadvantage: evidence from the 1958 British cohort study. *Br Med J*. 1994; 309: 1475-78.
104. Colom R, Andrés-Pueyo A. El estudio de la inteligencia humana: recapitulación ante el cambio de milenio. *Psicothema*. 1999; 11: 453-76.
105. Samuelsson S, Finnström O, Flodmark O, Gäddlin PO, Leijon I, Wadsby M. A longitudinal study of reading skills among very-low-birthweight children: is there a catch-up?. *J Pediatr Psychol*. 2006; 31: 967-77.
106. Saigal S, Stoskopf B, Streiner D, Boyle M, Pinelli J, Paneth N, et al. Transition of extremely low-birth-weight infants from adolescence to young adulthood: comparison with normal birth-weight controls. *JAMA*. 2006; 295: 667-75.
107. United Nations, World Food Program. *Towards the Elimination of Chronic Undernutrition in the Andean Region by 2015. Technical Regional Consultation. Agreements*. Lima: World Food Program, 2006.

Recibido: 13-05-2009

Aceptado: 31-08-2009

## Un enfoque para un problema sanitario y social: yodurias en embarazadas de una región yododeficiente

Jorge L. Olivares, Valeria A. Ortiz, Marcos Mayer, Cecilia I. Demaria, Ester Ñancuqueo, Juan C. Cresto

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, Servicio de Endocrinología y Diabetes Hospital Lucio Molas, CEDIE Buenos Aires. Argentina

**RESUMEN.** La yoduria o eliminación urinaria de yodo (EUI) es un método efectivo para detectar el déficit en su ingesta. En 121 embarazadas se midió yoduria en dos muestras (matutina y vespertina) con el método turbidimétrico modificado por Pino. Se consideró normal una EUI =150 ug/l. En las mujeres con EUI<100ug/l se investigó la función tiroidea. De 121 embarazadas la yoduria fue normal en 75, en las que la yoduria matinal no fue diferente a la vespertina (matutina: 305.2±7.0 vs vespertina: 319.2±8.8; NS). No hubo diferencia entre las yodurias de los diversos trimestres. En 46 embarazadas (36.9%) la yoduria fue baja sin diferencias entre la matutina y vespertina (matutina: 88.12 ± 5.07 µg/l vs 88.7± 6.2 µg/l; NS), al igual que entre las yodurias matutinas y vespertinas en los tres trimestres de embarazo. De las embarazadas con yodurias <100ug/l, el 45% presentó alteraciones de la función tiroidea. No hubo diferencias significativas respecto a la edad entre las embarazadas con baja y normal EUI. La determinación de yoduria matutina y vespertina permitió detectar un mayor número de embarazadas con baja ingesta de yodo y orientó para la búsqueda de disfunción tiroidea que no se hubiera detectado por no contar nuestra Provincia con un Programa de screening para hipotiroidismo gestacional.

**Palabras clave:** Yoduria matutina y vespertina, ingesta de yodo, disfunción tiroidea gestacional.

### INTRODUCCION

El embarazo es uno de los estados de mayor requerimiento de hormonas tiroideas. Vermiglio (1) demostró que las embarazadas con déficit en la ingesta de yodo, tienen aumento en la TSH, y compromiso de la función tiroidea (2), evidenciado por el incremento de la tasa de hipotiroidismo, número de abortos y muerte fetal. Investigadores del Perú (3) observaron que la leche de vaca que provenía de la sierra tenía menor contenido de yodo que la proveniente de la zona marítima, por lo que la ingesta de yodo en los niños variaba

**SUMMARY.** An approach to a sanitary and social problem: urinary iodine excretion in pregnant women from a iodine deficient region. The urinary iodine excretion (UIE) assay is an effective method to detect reduced iodine intake. UIE was measured in two different samples (morning and evening) from 121 pregnant women, with a turbid-metric method modified by Pino (normal value =150 ug/l). Furthermore, thyroid function was evaluated in pregnant women with UIE <100 ug/l. From 121 pregnant women, the UIE was normal in 75 with similar morning and evening samples (morning: 305.2±7.0; evening: 319.2±8.8; p: NS). The UIE did not show differences in different trimesters and in morning and evening samples. The UIE was low in 46 women (36.9%), without significant differences between morning and evening (morning: 88.12 ± 5.07 µg/l; evening: 88.7± 6.2 µg/l; p: NS). Normal or low UIE were not influenced by the age of pregnant women and 45% of pregnant women with UIE <100ug/l showed impaired thyroid function. Morning and evening study of UIE allowed us to detect a higher number of pregnant women with low iodine intake. This study let us to find thyroid function abnormalities likes a screening method, because in our state there is not a public screening program for gestational hypothyroidism.

**Key words:** Morning and evening urinary iodine excretion; gestational thyroid dysfunction

de acuerdo al tipo de leche que se ingería.

El diagnóstico y tratamiento precoz del déficit de yodo previene las alteraciones en la mielinización y sinapsis neuronales en cerebro y cerebelo fetal, que comprometen el coeficiente intelectual y el índice de desarrollo psicomotor del recién nacido (1,4-7). Si la ingesta de yodo es adecuada, es normal la síntesis de hormonas para las demandas materno-fetales (4) de hormonas tiroideas.

Nosotros determinamos en los años 2002 y en 2003 que el 6.4% y el 8.9%, respectivamente, de los neonatos de la población hospitalaria de Santa Rosa (La Pampa, Argentina) tenían valores de TSH>10 mUI/ml, considerados por la WHO/ICDD como indicadores de déficit leve de yodo (DDI) (8). Posteriormente, se determinó que el 10.6% de los escolares evaluados en esa ciudad y el 17.6% de una población aledaña tenían bocio, y una menor eliminación urinaria de yodo (EUI) que los de Buenos Aires (9), aunque dentro del rango normal.

---

Proyecto de investigación (N° 61) financiado por la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam).

La ingesta de yodo recomendada en la embarazada es de 200-250µg/día para que no tenga DDI (10) y prevenga la disminución de tiroxina plasmática la cual provocaría alteraciones en el desarrollo fetal (11). Teniendo en cuenta que la ingesta de yodo puede ser estimada mediante una yoduria cuyo valor debe ser mayor de 150µg/l (12), el objetivo del presente trabajo fue evaluar la utilidad de la determinación de yoduria matutina y vespertina como método de selección para la detección de embarazadas con baja ingesta de yodo en una región yodo-deficiente.

## MÉTODOS

Se determinó la EUI en 121 embarazadas de distinto nivel socioeconómico, de ámbitos hospitalario y privado, en Santa Rosa, (La Pampa, Argentina), durante los años 2005-2006. Se recolectó en distintos trimestres, una muestra de orina matutina (con 8 horas de ayuno) y vespertina (entre las 17hs y 19hs), y se analizó por triplicado la EUI según método turbidimétrico modificado por Pino (13). Para el análisis de los datos se consideró ingesta disminuida de yodo a uno o dos de los valores de EUI <150 µg/L (12). Sin embargo, teniendo en cuenta que al momento de la realización del estudio el punto de corte de EUI en embarazadas era <100µg/l (menor al actualmente recomendado por WHO/UNICEF/ICCIDD) (13), la evaluación de la función tiroidea se llevó adelante solamente en aquellas mujeres con valores de EUI por debajo de 100µg/l, a quienes se les determinó por técnica electroquimioluminiscencia hormona estimulante de la tiroides (TSH, valor normal: 0.5-4.2 mUI/ml), tiroxina libre (T4L, valor normal: 0.9-1.9 ng/dl), anticuerpos anti-peroxidasa (TPO, hasta 34 UI/ml), anti-tiroglobulina (Anti-Tg, normal hasta 115 UI/ml).

Se clasificó como hipotiroidismo clínico: TSH≥4 mUI/ml y T4L<0.9 ng/dl; hipotiroidismo subclínico: TSH≥4 mUI/ml y T4L normal e hipotiroxinemia: TSH normal y T4L≤0.9 ng/dl (14). En todas las pacientes se investigaron los antecedentes personales y familiares: edad, multiparidad (≥4 embarazos) y consanguíneos con enfermedad tiroidea. Se excluyeron las embarazadas con antecedentes previos de hipotiroidismo.

Para el estudio estadístico se utilizó la prueba T de Student mediante el programa Graphpad Prism versión 5.0. Los datos están expresados como la media ± error estándar de la media. Se consideró estadísticamente significativo un p valor < 0.05.

## RESULTADOS

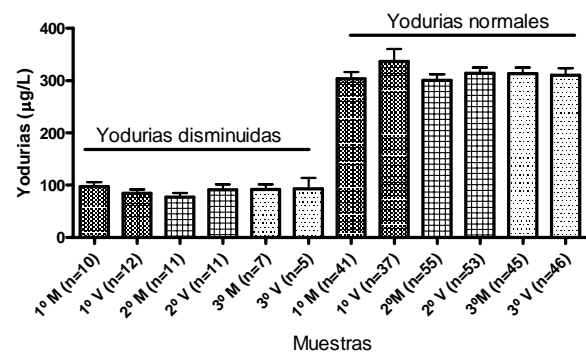
La yoduria normal matutina no fue diferente a la vespertina (matutina: 305.2± 7.0 vs vespertina: 319.2± 8.8; NS). Las yodurias en forma trimestral tampoco mostraron diferencias significativas (Fig. 1). Una yoduria disminuida en al menos una de ambas muestras recolectadas se determinó en 46 embarazadas (38,65%), correspondiendo 17 al primer

trimestre, 20 al segundo y 9 al tercero. Utilizando como método de selección solamente la evaluación de la yoduria matutina, pudieron detectarse 28 casos de embarazadas con EUI <150µg/L. Por su parte, mediante la evaluación de la yoduria vespertina pudieron detectarse un número similar de embarazadas con EUI <150µg/L (28 Casos). Como se objetiva en la Figura 1, las yodurias disminuidas tienen una media próxima a los 100 µg/l, sin embargo solamente 10 de estas embarazadas presentaron ambas yodurias disminuidas (mañana y tarde) por lo que 18 mujeres hubieran quedado sin diagnóstico de no haberse realizado la determinación de la EUI en dos momentos diferentes del día. En las embarazadas con yoduria disminuida la yoduria matutina no fue distinta a la vespertina (matutina: 88,12 ± 5.07 µg/l vs 88.7± 6,2 µg/l; NS). En 5 embarazadas las determinaciones fueron menores de 50 µg/l (2 matutinas y 3 vespertinas); en 31 fue entre 50-99 ug/l (17 matutinas y 14 vespertinas) y en 19 fue entre 100 y 149 ug/l (8 matutinas y 11 vespertinas) (Figura 1). Tenían antecedentes de multiparidad 9 de 46 embarazadas con EUI baja (media ± ES: 2,32±1,57; 19.56%) y en 15 embarazadas de 75 con normal EUI (media ± ES: 2,32± 1.57; 20%).

FIGURA 1

Yodurias matutinas y vespertinas por trimestre de embarazo. Las yodurias se agrupan por trimestre de embarazo. Las yodurias son matutinas o vespertinas (n: número de pacientes). Los datos se expresan como la media ± error estándar de la media

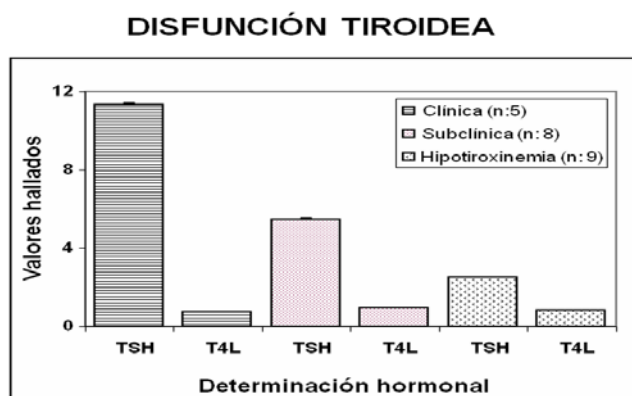
YODURIAS MATUTINAS Y VESPERTINAS POR TRIMESTRE DE EMBARAZO



En total 22 embarazadas mostraron alteración funcional tiroidea (Figura 2); 5 con hipotiroidismo clínico, 8 subclínico y 9 con hipotiroxinemia. De ellas 6 tenían signos de autoinmunidad. Si observamos la yodurias<100ug/l, el 45% (15 embarazadas) tenían disfunción tiroidea. La edad no fue un factor determinante en la EUI (media ± ES; normal: 25.3± 0.8 años vs. baja: 26.6 ± 0.9 años). El 37% de las embarazadas con EUI baja y el 33,3% con yoduria normal tenían antecedentes familiares de enfermedad tiroidea.

FIGURA 2

Disfunción tiroidea en embarazadas con baja eliminación urinaria de yodo por trimestre de embarazo. Los valores de TSH y T4L se agrupan por trimestre de embarazo. Los datos se expresan como la media  $\pm$  error estándar de la media



## DISCUSION

La población materno-infantil es especialmente vulnerable a la carencia de yodo y se considera que durante el embarazo este déficit, al igual que los anticuerpos anti tiroideos o el bocio materno, son factores de riesgo para el desarrollo de hipotiroidismo gestacional (15). Este conocimiento justifica y brinda mayor valor a la búsqueda de métodos diagnósticos de bajo costo para determinar la ingesta de yodo en esta población. A diferencia de otros investigadores (16-17) que midieron la EUI en embarazadas en una muestra al azar, en este estudio se efectuó screening de la ingesta de yodo, en dos muestras de orina. La determinación de yoduria vespertina permitió detectar un mayor número de embarazadas con baja ingesta de yodo que si se hubiera efectuado únicamente una sola medición. Vanacor et al. (18) consideran que la yoduria vespertina es la que mayor relación tiene con la yoduria de 24 h y probablemente es la que permita determinar la suficiencia de yodo en sujetos con hábitos alimentarios similares. Sin embargo, es importante destacar que, en el presente estudio, la determinación de la yoduria en dos momentos diferentes del día permitió detectar 18 casos más de ingesta disminuida de yodo que la que hubiéramos detectado en caso de haber realizado una única determinación, ya sea ésta matutina o vespertina. Encontramos con las dos yodurias que el 38,6% de las embarazadas tenían baja ingesta de yodo, a diferencia de 28% detectado por Ardawi et al (19) y 21,9% por Prieto et al. (16) a partir de una muestra de orina al azar. Sin embargo, estos autores realizaron una única determinación por paciente, lo que pondría de manifiesto las posibles ventajas de analizar más de una muestra por paciente con el objetivo de detectar

un mayor número de embarazadas en riesgo.

No se halló al igual que Vermiglio et al. (1,) diferencia al comparar el diagnóstico de déficit en la ingesta de yodo según el trimestre de embarazo, en discordancia con lo informado por Kung et al (17). La baja prevalencia de DDI en el primer trimestre, se debería a la baja demanda fetal de este oligoelemento y a que el eje hipotálamo-hipofiso-tiroideo fetal es inmaduro, dependiendo el feto del aporte materno de hormonas tiroideas<sup>20</sup>. Posiblemente, la mayor demanda de T4 fetal sea suplida por el aumento de la deiodinación transplacentaria mediante la deiodinasa Tipo II y III que desdobra la T4 en T3 (21-22).

En las embarazadas detectadas con EUI menor 100ug/l se guió la pesquisa para disfunción tiroidea mediante determinaciones hormonales. Se encontró que el 45% de las embarazadas con EUI <100ug/L tenían disfunción tiroidea, y a diferencia de otros autores (1,24-25) no se incrementó la prevalencia de hipotiroxinemia e hipotiroidismo subclínico con las semanas de gestación, lo que puede estar relacionado con el número de pacientes estudiados. La restricción de yodo aumenta la estimulación tiroidea que se manifiesta en el 30% con bocio, disminución de T4L o hipotiroxinemia (14). Con el transcurso de la gestación la hipotiroxinemia parecería ser la primera expresión de déficit en la ingesta de yodo, más frecuente que el hipotiroidismo clínico o el subclínico (20-26,28). Se determinó al igual que Ortega y col (29) que el 12% de las pacientes con baja EUI presentaban anticuerpos anti-tiroideos positivos. La enfermedad tiroidea autoinmune se incrementa en las regiones donde el consumo de yodo en la mujer embarazada es inadecuado para atender sus crecientes necesidades de T4, provocando alto riesgo materno fetal, por el pasaje placentario de anticuerpos (26,22,30-31).

La suplementación materna con tiroxina desde el primer trimestre de embarazo, debe mantener una TSH entre 0.5 y 2.0 mUI/ml y la T4L en el tercio superior de los límites normales (20), puesto que disminuye las complicaciones materno-fetales, asegura una adecuada embriogénesis y favorece el neurodesarrollo fetal (1,4-5,26-28,32). Por ello diversos autores (4-5,11) aconsejan prevenir la deficiencia materno-fetal aportando yodo desde el primer trimestre de embarazo administrando tabletas de 200-300 ug de yoduro de potasio o yodato potásico o mezclas con vitaminas y minerales (20). Zimmerman (28) y Trimarchi et al (33) indican que la profilaxis por corto tiempo con sal yodada en las embarazadas no corrige preventivamente la hipotiroxinemia materna y por lo tanto el déficit en la ingesta de yodo requiere tratamiento con tiroxina (33).

Consideramos por nuestro estudio que es conveniente implementar la medición de EUI en dos muestras de orina en embarazadas, porque permite diagnosticar baja ingesta de yodo y probable disfunción tiroidea. La EUI es un método incruento, de bajo costo y comprobada eficacia con alto

beneficio para la salud materno-fetal, en Provincias como la nuestra que no cuentan con un Programa de Screening obligatorio para diagnóstico de hipotiroidismo gestacional. Debe efectuarse un estudio caso/control para determinar la mayor prevalencia de disfunción tiroidea en embarazadas con yoduria menor a 150 ug/l, ya que no fue el principal objetivo de nuestra investigación, y por ello en el momento del estudio no se realizaron determinaciones hormonales a todas las evaluadas sino a la que detectábamos una yoduria <100ug/L. Al igual que otros autores (23,34) consideramos de imperiosa necesidad la supervisión por las autoridades provinciales de la calidad del enriquecimiento de la sal de mesa con yodo, ya que la ingesta de sal no enriquecida adecuadamente o directamente no enriquecida, explicarían las bajas yodurias encontradas en nuestras embarazadas.

### AGRADECIMIENTOS

Al Bioquímico Ricardo FERNANDEZ ORSI y la Técnica Mariela MAIER por el análisis de las muestras. A la Enfermera Silvia ZAPATA por su colaboración en el control de las pacientes.

### REFERENCIA

- Vermiglio F, Lo Presti VP, Scaffidi Argentina G, Finochiaro MD, Gullo D, Squatrito S, Trimarchi F. Maternal hypothyroxinaemia during the first half of gestation in an iodine deficient area with endemic cretinism and related disorders. *Clin Endocr (Oxf)* 1995; 42:409-15.
- De Luis DA, Aller R, Izaola O. Problemática de la deficiencia de yodo durante la gestación. *An. Med. Interna (Madrid)* 2005; 22: 445-8.
- Cárdenas Quintana H, Gomez Bravo C, Pretell E.A. Contenido de Yodo en leche de vacuno procedente de la sierra y costa del Perú. *Arch Latinoamer Nutr* 2003; 53:1-9.
- Glinoe D. Feto-maternal repercussions of iodine deficiency during pregnancy. An update. *Ann Endocrinol (Paris)* 2003; 64:37-44.
- Glinoe D. Pregnancy and iodine. *Thyroid* 2001; 11:471-81.
- Abalovich M, Gutierrez S, Alcaraz G, Maccallini G, Garcia A, Levalle O. Overt and subclinical hypothyroidism complicating pregnancy. *Thyroid* 2002; 12:63-8.
- Sethi V, Kapil U. Iodine deficiency and development of brain. *Indian J Pediatr* 2004; 325-29.
- Rodriguez ME; Villareal M; Braceras MC; Olivares JL. Valor de TSH neonatal: un indicador de deficiencia de yodo en Santa Rosa La Pampa, 2001-2002. *Rev. Argent Endocrinol Metab* 2003; 40:110.
- Melado GE, Castro TES, Beierbach N, Villagran De Rosso E V, Bernatené D, Sartorio G y Niepomniszcze H. Monitoreo de DDI en la Provincia de La Pampa. *Rev Argent Endocrinol Metab* 2006; 43:110-15.
- Zimmermann MB. Iodine deficiency in pregnancy and the effects of maternal iodine supplementation on the offspring: a review. *Am J Clin Nutr* 2009; 89: 668-72.
- Pop VJ, Kuispens JL, von Baar AI. Low maternal free thyroxine concentrations during early pregnancy are associated with impaired psychomotor development in infancy. *Clin Endocrinol (Oxf)* 1999; 50:149-55.
- Pino SJ, Fang SI, Nanerman LE: Ammonium persulfate: a safe alternative oxidizing reagent for measuring minor iodine. *Clin Chem* 1996; 42: 239-43.
- WHO. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their animation. A guide for Programme Managers. Theird edition. 2007, WHO/UNICEF/ICCIDD, Genova.
- Morreale de Escobar G, Escobar del Rey F. El yodo durante la gestación, lactancia y primera infancia. Cantidades mínimas y máximas: de microgramos a gramos. *An Esp Pediatr* 2000; 53:1-5.
- Smallridge R C, Ladersen PW. Hypothyroidism in pregnancy. *Endocrinologist* 2001; 2349-53.
- Prieto L, Mendez V, Chiesa A, Bengolea S, Gruñeiro-Papendieck L. Determinación de ioduria en la población materno infantil de la ciudad de Buenos Aires. *Rev. Argent. Endocrinol Metab* 2005; 42:131-6.
- Kung AWC, Lao TT, Chau MT, Tam SCF, Low LCK. Goitrogenesis during pregnancy and neonatal hypothyroxinaemia in a bordelaine iodine sufficient area. *Clinical Endocrinology* 2000; 53: 725-31.
- Vanacor R, Soares R, Manica D, Furlanetto TW. Urinary iodine in 24 h is associated with natriuresis and is better reflected by an afternoon sample. *Ann Nutr Metab* 2008; 53:43-49.
- Ardawi MS, Nasrat HA, Mustafá BB. Urinary iodine excretion and maternal thyroid function during pregnancy and postpartum. *Saudi Med J* 2002; 23:413-22.
- Delangue F, De Benoist B, Pretell E, Duna JT. Iodine deficiency in the World: where do we stand at the turn of the century?. 2001; *Thyroid* 11:437-47.
- Glinoe D. What happens to the normal thyroid during pregnancy? *Thyroid* 1999; 9:631-5.
- Abalovich M S. Fisiología tiroidea y embarazo. Aspectos maternos, placentarios y fetales. *Rev Argent Endocrinol Metab* 2003;40:23-31.
- Kapil H, Singh P, Dwivedi SN, Pathak P. Profile of iodine content of salt and urinary iodine excretion levels in select districts of Tamil Nadu. *Indian J Pediatr* 2004;71:785-7.
- Kalish RB, Zervoudakis IA, Sharma G, Tims-Cook Z, Chasen ST. Impact of thyroid dysfunction on pregnancy outcome. *Am J Obstet Gynecol.* 2002; 201-2.
- Casique JF. Hipotiroidismo y embarazo: actualización clínica. *Medicina Universitaria* 2005; 7:76-82.
- Ortega Gonzalez C. Disfunción tiroidea y embarazo. *Revista de Endocrinología y Nutrición* 2003; 13:837-41.
- Vermiglio F, Lopresti VP, Castagna MG, Violi MA, Moletti M, Finocchiaro MD, Mattina F, Artesimia A, Trimarchi F. Increased risk of maternal thyroid failure with pregnancy progression in an iodine deficient area with major iodine deficiency disorders. *Thyroid* 1999; 9:19-24.
- Zimmerman MB. The adverse effects of mild to moderate iodine deficiency during pregnancy and childhood: a review. *Thyroid* 2007; 17: 829-35.

29. Ortega-Gonzalez C, Liao-Lo A, Ramirez-Peredo J, Carino N, Lira J, Parra A. Thyroid peroxidase antibodies in mexican-born healthy pregnant women, in women with type 2 gestational diabetes mellitus, and in the offspring. *Endocr Pract* 2000; 6: 244-8.
30. Haddow JE, Palomaki GE, Walter C A, Williams JR, Knight GJ, Gagnon J, O'Heir CE, Mitchell ML, Hermos RJ, Waisbren SE, Faix JD and Klein RZ. Maternal thyroid deficiency during pregnancy and subsequent neuropsychological development of the child. *N Eng J Med* 1999; 341: 549-55.
31. Lao TT. Thyroid disorders in pregnancy. *Curr opin Obstet gynecol* 2005;117:123-7
32. Obregon MJ, Calvo RM, Escobar del Rey F, Morreale de Escobar G. Ontogenesis of thyroid function and interations with maternal function. *Endocr Dev* 2007; 10:86-98.
33. Trimarchi F, Lopresti VP, Vermiglio F. Iodine deficiency and pregnancy. *Ann Ist Super Sanita* 1998; 34:315-9.
34. Caballero LA. A well monitored iodized salt program provides adequate iodine intake for Venezuelan pregnant women. *IDD Newsletter* 2009; 17.

Recibido: 21-07-2009

Aceptado: 16-09-2009

## Índice de sustancia activa (AKS) distribución percentilar en edades pediátricas

*Gladys Henríquez-Pérez, Ingrid Rached-Paoli, Arelis Azuaje-Sánchez*

Centro de Atención Nutricional Infantil Antímamo (CANIA). Caracas, Venezuela

**RESUMEN.** Se programó conocer la distribución percentilar del índice de sustancia activa (AKS), en niños y niñas de 4 a 9 años para disponer de valores de referencia de este indicador. Se calculó en 3.634 niños eutróficos, con talla normal, sanos, de una comunidad urbana marginal, atendidos en el Centro de Atención Nutricional Infantil Antímamo (CANIA) entre enero 1999 y diciembre 2007. Se excluyeron niños prematuros, con inicio de estirón puberal y patologías crónicas definidas o en estudio. El cálculo del peso graso necesario para calcular el índice AKS, se hizo con la fórmula de 2 pliegues de Dugdale y Griffiths para niños menores de 150 cm y niñas de menores de 140 cm. Las variables antropométricas fueron medidas por antropometristas estandarizadas con control de calidad cuatrimestral, aplicando las normas recomendadas Internacionalmente. Se obtuvieron los estadísticos descriptivos del índice y de las variables utilizadas en su cálculo, así como los percentiles 3, 10, 25, 50, 75, 90 y 97 del índice. Se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnoff, Anova de una vía, Chi cuadrado, test de Tukey y correlaciones divariadas ( $p < 0,05$ ). El comportamiento del índice evidenció valores mayores en el sexo masculino decrecientes con la edad tanto en los varones como en las hembras, variando la mediana de 1,28 a 1,04 en el sexo masculino y de 1,17 a 0,94 en el femenino. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para cada año de edad y sexo. Se dispone de valores de distribución percentilar del índice AKS para la evaluación nutricional en edades pediátricas, debiéndose validar su efectividad.

**Palabras clave:** Índice de sustancia activa, distribución percentilar, preescolar, escolar, composición corporal, antropometría, evaluación nutricional.

**SUMMARY. Active Substance Index (AKS) percentile distribution in pediatric ages.** The aim of this study was to discern the percentile distribution of the Active Substance Index (AKS) in boys and girls aged 4 to 9 years in order to obtain reference values for this indicator. This index was calculated in 3,634 healthy and well-nourished children with normal stature from a poor urban community at *Centro de Atención Nutricional Infantil Antímamo (CANIA)*, within the period between January 1999 and December 2007. Children with prematurity backgrounds, pubertal growth spurts, or with chronic pathologies, whether defined or under study, were excluded. The Dugdale & Griffiths two-skinfold equation for boys and girls shorter than 150 cm and 140 cm, respectively was used to obtain the fat body mass required to estimate the AKS index. The variables were measured by standardized anthropometrics technicians, with quality control every 4 months as recommended by international standards. Descriptive statistics of the AKS index and variables used for their calculation were obtained, as well as index percentiles 3, 10, 25, 50, 75, 90, and 97. Tests applied included Kolmogorov-Smirnoff, Anova one-way, Chi Square, Tukey and bivariate correlations ( $p < 0.05$ ). The AKS index behavior exhibited higher values in the boys, decreasing with age in both sexes, ranging from 1.28 to 1.04 in the boys and from 1.17 to 0.94 in the girls. Statistically significant differences were found for each age and sex. These results provide the AKS index percentile distribution values needed for nutritional assessments in pediatric ages. These values should be validated and their effectiveness should be studied.

**Key words:** Active substance index, percentile distribution, preschool, school, body composition, anthropometry, nutritional assessment.

### INTRODUCCION

Los cambios, tanto en términos absolutos como relativos, de los compartimientos corporales graso y magro a través de la infancia, la niñez y la adolescencia son considerables (1).

Por otra parte, los cambios en el estado nutricional afectan dichos compartimientos ya que ellos son reflejo de las reservas nutricionales: la masa magra de proteínas y agua y la masa grasa de energía, de tal manera que la información detallada que su evaluación aporta sobre el estado nutricional es importante (2).

La influencia de la nutrición como factor condicionante de cambios en la composición corporal ha quedado demostrada

tanto en la desnutrición como en la obesidad, y también en estudios sobre la composición del tejido de individuos sometidos a ganancia y pérdida de peso (3,4).

Al estudiar estos cambios en los diferentes tipos de desnutrición proteico energética, los autores han encontrado deterioro de la masa celular corporal (MCC) a expensas principalmente de la masa muscular en la desnutrición tipo marasmo, mientras que en la forma edematosa o Kwashiorkor la alteración está dada especialmente por disminución de la MCC que afecta tanto a la proteína muscular como a la visceral (5-7).

Con relación a la pérdida de peso, todos los trabajos que estudian la composición del tejido perdido coinciden en señalar

que tanto en individuos eutróficos como con sobrepeso, cualquier pérdida significativa de peso implica la pérdida de masa libre de grasa, además de pérdida de grasa, siendo la primera inversamente proporcional al peso inicial (8-10).

Los señalamientos anteriores demuestran la importancia de la evaluación de la composición corporal en la categorización del estado nutricional; en este sentido, varias combinaciones de pliegues subcutáneos y circunferencias corporales, en particular del brazo, han sido utilizadas por largo tiempo con este fin (11-13). De estas combinaciones, las más utilizadas son las que asocian circunferencia media del brazo y pliegue tricípital, para obtener a partir de estos valores el área grasa (AG) y el área muscular (AM) (14,15).

Su utilización, en el caso del área muscular se fundamenta en que el músculo refleja adecuadamente las reservas corporales proteicas, además su efectividad como indicador de masa muscular corporal en niños fue validada con la excreción urinaria de creatinina, considerado tradicionalmente un buen indicador de esta, concluyéndose que el área muscular proporciona un indicador adecuado de la masa muscular corporal (16), de allí el amplio uso que esta tiene actualmente en la práctica clínica diaria.

Por otra parte, el pliegue tricípital refleja las reservas energéticas habiéndose demostrado la buena correlación de este último con las mediciones corporales totales de masa grasa (17). Fundamentado en lo anterior se han desarrollado ecuaciones predictivas a partir de sumatorias de uno o más pliegues subcutáneos y la talla para el cálculo del peso corporal graso (18,19).

La evidencia de los cambios en la composición corporal producto de la malnutrición, el conocimiento de la historia natural de esta enfermedad y la importancia de un diagnóstico precoz y seguro de las alteraciones incipientes del estado nutricional como la desnutrición subclínica, mucho más frecuente que la desnutrición clínica, unido a la importancia ética de evitar intervenciones innecesarias en casos de delgadez constitucional, condujo al desarrollo de otros indicadores para este fin, como son el índice energía/proteína (E/P) (20) y el índice de sustancia activa (AKS). Ambos índices utilizados fundamentalmente en Bioantropología en estudios poblacionales y sujetos físicamente activos fueron analizados por Amador y col quienes demostraron su efectividad en años de edad específicos (21,22).

El AKS, descrito y aplicado originalmente en la evaluación del desarrollo muscular en atletas y utilizado en la evaluación antropométrica nutricional desde 1982, mide la cantidad de tejido libre de grasa o peso magro (PM) existente en un volumen de masa corporal o peso corporal (PC) representado por un cubo cuyas aristas tienen la longitud de la talla corporal (T), con la ventaja de no estar influido por ésta (23).

El grupo de Amador y col, demostraron que el AKS tiene una óptima capacidad discriminatória en casos de desnutrición,

en particular en el diagnóstico diferencial entre desnutrición y delgadez constitucional (21,22,24); sin embargo, la falta de valores de referencia del mismo aplicables en diferentes grupos de edad limita su utilización, ya que sólo se dispone de los valores de referencia correspondientes a niños y niñas de origen cubano entre 4,6 y 5,5 años con un valor puntual para su aplicación como punto de corte (22). La alta prevalencia de esta condición en la población atendida en el Centro de Atención Nutricional Infantil Antímamo (CANIA) en rangos entre 22,0% a 29,4% en los últimos 5 años (25) motivó la búsqueda de indicadores que permitieran el diagnóstico diferencial certero entre desnutrición subclínica y delgadez constitucional, por lo que se probaron los indicadores índice E/P y AKS. Con relación al último indicador se realizó un estudio en el que se evaluó su efectividad en dos grupos de edad (4 – 6 años y 7 – 9 años) utilizando como referencia para su interpretación los valores promedio  $\pm$  2 DE del AKS, obtenido de una muestra de 4040 varones y hembras evaluados en el CANIA, encontrándose una buena capacidad discriminatória entre la normalidad y todos los grados de desnutrición incluyendo la subclínica en el grupo de 7 – 9 años, no así en el grupo de 2 – 6 años lo cual pudiera estar condicionado por los puntos de corte arbitrarios seleccionados para la aplicación del AKS (26), por tal motivo se decidió el diseño de una investigación con el fin de conocer la distribución percentilar del índice AKS en preescolares y escolares prepúberes varones y hembras para disponer de valores de referencia de este indicador que permitan optimizar la identificación de alteraciones nutricionales incipientes.

## MATERIALES Y METODOS

Se trata de un estudio de tipo transversal, descriptivo y correlacional. El grupo de estudio estuvo constituido por 3.634 niños y niñas eutróficos, de talla normal, sanos, con edad cronológica decimal (ECD) comprendida entre 4,00 y 9,99, evaluados en el Centro de Atención Nutricional Infantil Antímamo (CANIA) en el período enero 1999 a diciembre 2007. Se excluyeron niños con antecedentes de prematuridad, con inicio del estirón puberal y con patologías crónicas definidas o en estudio.

La evaluación nutricional fue hecha por un pediatra con base en la evaluación clínica y antropométrica, esta última incluyó indicadores globales y de composición corporal (27). La maduración sexual se valoró aplicando la metodología de Tanner (28), interpretada aplicando valores de referencia venezolanos (29).

Las variables requeridas para la evaluación antropométrica fueron medidas por técnicos antropometristas estandarizados, con control de calidad cuatrimestral, aplicando las normas recomendadas por el programa Biológico Internacional y el Centro Internacional de la Infancia (30), con controles de

calidad cuatrimestrales y con valores de error intraobservador e interobservador señalados a continuación:

Tipo de error	Peso	Talla	CBI	Ptric	Psub
Error intra observador	0,0395	0,0477	0,0685	0,0645	0,0709
Error inter observador	0,0457	0,0321	0,0526	0,0425	0,0721

Los valores reportados están en el valor mínimo del rango aceptado (31).

El índice AKS se calculó aplicando la siguiente fórmula (18):

$$AKS = \frac{PM (kg) \times 10^3}{T^3 (cm)} \times 100$$

Peso magro (PM) = Peso corporal (PC) – Peso graso (PG). El PG se obtuvo aplicando las ecuaciones de regresión de 2 pliegues de Dugdale y Griffiths (24)

Niños < 152 cm: PG = 1,753 + 0,304 P – 0,064 T + 0,187 Ptr + 0,140 PSE

Niñas < 140 cm: PG = 7,259 + 0,647 P – 0,150 T – 0,027 Ptr + 0,161 PSE

Niñas ≥ 140 cm: PG = 4,940 + 0,499 P – 0,121 T + 0,215 Ptr + 0,068 PSE

Para el análisis estadístico se obtuvieron los estadísticos descriptivos de pliegue tricipital (mm), pliegue subescapular (mm), peso graso (kg), peso magro (kg) e índice AKS, desagregados por año de edad y sexo. Se obtuvieron los percentiles 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 y 97 del índice AKS, en cada sexo, por año de edad.

Para la evaluación de la normalidad del índice se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnoff. Se aplicó Anova de una vía, Chi cuadrado y test de Tukey para estudiar la significancia de las diferencias del índice AKS según sexo y grupos de edad. El nivel de significancia establecido fue 0,05. Para establecer la asociación entre el índice y las variables e indicadores antropométricos de composición corporal se calcularon correlaciones bivariadas, aplicando los siguientes valores para su interpretación; correlación débil: ≤0,49, correlación media: 0,50 – 0,74, correlación fuerte 0,75 – 0,89, y correlación muy fuerte: ≥ 0,9 (32).

**RESULTADOS**

La Tabla 1 demuestra similitud en la distribución de los individuos en cada grupo de edad y sexo con leve predominio del sexo masculino en el grupo de estudio, excepto en el grupo de 9 años. Las variables antropométricas requeridas para la construcción del índice en el grupo de estudio presentan las siguientes particularidades (Tabla 2):

**TABLA 1**  
Distribución del grupo de estudio según sexo y edad

Edad cronológica decimal	Sexo				TOTAL	
	Masculino		Femenino		n	%
	n	%	n	%		
(4,00 – 4,99)	337	9,3	268	7,4	605	16,6
(5,00 – 5,99)	348	9,6	308	8,5	656	18,1
(6,00 – 6,99)	357	9,8	300	8,3	657	18,1
(7,00 – 7,99)	349	9,6	277	7,6	626	17,2
(8,00 – 8,99)	344	9,5	238	6,5	582	16,0
(9,00 – 9,99)	250	6,9	258	7,1	508	14,0
Total	1985	54,6	1649	45,4	3634	100,0

**TABLA 2**  
Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas de composición corporal según sexo y edad

Edad cronológica decimal	Pliegue Tricipital (mm)*		Pliegue subescapular (mm)*	
	Masculino Media ± DE	Femenino Media ± DE	Masculino Media ± DE	Femenino Media ± DE
(4,00 – 4,99)	7,96 ± 1,14	8,15 ± 1,32	5,59 ± 1,73	6,21 ± 1,19
(5,00 – 5,99)	8,23 ± 0,24	8,21 ± 1,49	5,69 ± 1,02	6,21 ± 1,15
(6,00 – 6,99)	8,31 ± 1,07	8,38 ± 1,97	5,61 ± 1,19	6,62 ± 1,23
(7,00 – 7,99)	8,41 ± 1,28	8,92 ± 1,45	5,77 ± 1,36	7,24 ± 1,32
(8,00 – 8,99)	8,59 ± 1,31	9,62 ± 1,48	6,71 ± 0,92	9,10 ± 1,48
(9,00 – 9,99)	8,62 ± 1,51	9,65 ± 1,06	6,37 ± 1,04	9,48 ± 1,65

\* p-valor = 0,00, en cada año de edad

El pliegue tricípital tuvo un comportamiento caracterizado por una tendencia al incremento de los valores en varones y hembras, siendo superiores en el sexo femenino, excepto en el grupo de 5 años.

Los valores del pliegue subescapular presentaron el mismo comportamiento que el pliegue tricípital en el sexo femenino mientras que en el masculino se observó una tendencia al ascenso, con un decremento a los 6 y 9 años de edad, al sexo femenino correspondieron los valores más altos en todos los grupos de edad.

El peso magro y el peso graso presentaron una tendencia sostenida al incremento de los valores en varones y hembras, siendo superiores en el sexo masculino en el primer caso y en el sexo femenino en el segundo. El peso graso relativo evidenció un decrecimiento desde los 4 hasta los 5 años con un incremento a partir de dicha edad, en el sexo femenino. En el sexo masculino dicho peso presentó un comportamiento errático (Tabla 3).

TABLA 3  
Estadísticos descriptivos de los pesos magro, graso y graso relativo según sexo y edad

Edad cronológica decimal	Peso magro (kg)*		Peso graso (kg)*		Peso graso relativo (%)*	
	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
(4,00 – 4,99)	13,55 ± 1,84	12,00 ± 1,84	2,13 ± 1,13	3,18 ± 1,86	13,13 ± 4,18	20,16 ± 6,24
(5,00 – 5,99)	15,40 ± 2,12	13,64 ± 2,12	2,42 ± 1,76	3,60 ± 2,40	12,82 ± 4,57	19,77 ± 6,49
(6,00 – 6,99)	17,21 ± 2,34	15,17 ± 2,34	2,63 ± 1,94	4,20 ± 3,15	12,51 ± 4,57	20,10 ± 7,42
(7,00 – 7,99)	18,96 ± 2,62	16,87 ± 2,62	2,98 ± 2,19	5,15 ± 3,82	12,78 ± 4,57	21,56 ± 7,98
(8,00 – 8,99)	21,19 ± 3,76	18,78 ± 3,76	3,86 ± 3,28	6,87 ± 5,88	14,05 ± 5,75	23,79 ± 10,02
(9,00 – 9,99)	22,62 ± 3,82	20,81 ± 3,82	4,01 ± 2,93	7,90 ± 5,41	14,02 ± 4,90	25,39 ± 8,66

\* p-valor = 0,00

La prueba Chi cuadrado demostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el sexo masculino y el femenino para cada año de edad, en todas las variables analizadas en las Tablas 2 y 3.

Las Tablas 4 y 5 presentan la media, desviación estándar,

intervalos de confianza (95%) y la distribución percentilar del índice de sustancia activa (AKS) para cada año de edad y sexo, demostrando un decrecimiento con la edad en niños y niñas. Los valores del índice fueron superiores en el sexo masculino con relación al femenino.

TABLA 4  
Distribución percentilar del índice AKS en el sexo masculino según año de edad

ECD	Media	DE	IC 95%	PERCENTILES								
				3	5	10	25	50	75	90	95	97
(4,00 – 4,99)	1,29	0,07	(1,21 ;1,31)	1,15	1,16	1,19	1,23	1,28	1,34	1,38	1,41	1,43
(5,00 – 5,99)	1,22	0,08	(1,21 ;1,24)	1,08	1,09	1,11	1,16	1,20	1,27	1,32	1,36	1,38
(6,00 – 6,99)	1,16	0,07	(1,16 ;1,18)	1,01	1,03	1,07	1,11	1,15	1,21	1,25	1,29	1,30
(7,00 – 7,99)	1,12	0,07	(1,11 ;1,13)	0,99	1,01	1,03	1,07	1,10	1,16	1,21	1,23	1,27
(8,00 – 8,99)	1,09	0,08	(1,08 ;1,10)	0,96	0,97	1,00	1,04	1,07	1,13	1,19	1,23	1,29
(9,00 – 9,99)	1,06	0,08	(1,06 ;1,08)	0,88	0,93	0,97	1,01	1,04	1,10	1,16	1,19	1,20

EDC = Edad cronológica decimal, IC = intervalo de confianza

TABLA 5  
Distribución percentilar del índice AKS en el sexo femenino según año de edad

ECD	Media	DE	IC 95%	PERCENTILES								
				3	5	10	25	50	75	90	95	97
(4,00 – 4,99)	1,17	0,06	(1,21 ;1,22)	1,07	1,08	1,10	1,13	1,17	1,21	1,25	1,27	1,27
(5,00 – 5,99)	1,12	0,06	(1,17 ;1,17)	1,01	1,02	1,04	1,08	1,11	1,15	1,20	1,21	1,23
(6,00 – 6,99)	1,06	0,05	(1,09 ;1,11)	0,96	0,98	0,99	1,03	1,06	1,09	1,13	1,15	1,17
(7,00 – 7,99)	1,01	0,06	(1,04 ;1,06)	0,92	0,93	0,95	0,97	1,00	1,05	1,09	1,12	1,12
(8,00 – 8,99)	0,97	0,06	(1,00 ;1,02)	0,87	0,89	0,91	0,93	0,97	1,01	1,04	1,06	1,08
(9,00 – 9,99)	0,95	0,06	(0,96 ;0,98)	0,84	0,85	0,87	0,91	0,94	0,98	1,01	1,03	1,06

EDC = Edad cronológica decimal, IC = intervalo de confianza

La prueba de ANOVA de una vía demostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos y para cada año de edad, excepto a los 8 y 9 años en el sexo masculino según el test de Tukey.

El análisis de las correlaciones evidenció una relación

negativa significativa entre el índice de sustancia activa (AKS) y las variables antropométricas peso, talla y peso magro, en niños y niñas para todos los grupos de edad, excepto para el peso en los varones de 9 años en que dicha correlación fue negativa, pero no significativa (Tablas 6 y 7).

TABLA 6  
Correlaciones entre el índice AKS y algunas variables antropométricas en el sexo masculino según año de edad

ECD	Variables									
	Peso	Talla	Cmb	CmuB	Ptr	PSE	AM	AG	PG	PM
(4,00 - 4,99)	-0,379 **	-0,698 **	-0,490	-0,350	-0,125	-0,020	-0,030	-0,120	-0,330	-0,422**
(5,00 - 5,99)	-0,405 **	-0,790 **	0,037	0,046	-0,054	0,148 *	0,065	-0,030	0,107	-0,495 **
(6,00 - 6,99)	-0,343 **	-0,706 **	-0,041	-0,026	-0,103	0,055	0,001	-0,094	-0,020	-0,408 **
(7,00 - 7,99)	-0,385 **	-0,747 **	0,081	0,097	-0,071	-0,154 *	0,126	-0,031	-0,083	-0,440 **
(8,00 - 8,99)	-0,334 **	-0,738 **	0,086	0,109	-0,118	-0,032	0,153*	-0,079	-0,053	-0,406 **
(9,00 - 9,99)	-0,155	-0,603 **	0,122	0,149	-0,129	-0,015	0,199*	-0,076	0,028	-0,214 **

EDC = Edad cronológica decimal. \*  $p \leq 0,05$ . \*\*  $p \leq 0,01$ .

TABLA 7  
Correlaciones entre el índice AKS y algunas variables antropométricas en el sexo femenino según año de edad

ECD	Variables									
	Peso	Talla	Cmb	CmuB	Ptr	PSE	AM	AG	PG	PM
(4,00 - 4,99)	-0,594 **	-0,886 **	-0,130	-0,150	0,129	0,127	-0,204 *	0,055	0,024	-0,772 **
(5,00 - 5,99)	-0,510 **	-0,891 **	-0,037	-0,045	0,038	0,118	-0,061	0,018	0,123	-0,750 **
(6,00 - 6,99)	-0,537 **	-0,891 **	-0,155	-0,159 *	-0,008	-0,007	-0,151	-0,063	-0,067	-0,748 **
(7,00 - 7,99)	-0,597 **	-0,898 **	-0,196 *	-0,191 *	-0,131	-0,180 *	-0,164 *	-0,161	-0,279 **	-0,769 **
(8,00 - 8,99)	-0,283 **	-0,816 **	0,120	0,110	0,140	0,159	0,076	0,150	0,038	-0,598 **
(9,00 - 9,99)	-0,328 **	-0,753 **	-0,005	-0,019	0,087	0,091	-0,049	0,061	-0,020	-0,518 **

EDC = Edad cronológica decimal. \*  $p \leq 0,05$ . \*\*  $p \leq 0,01$ .

## DISCUSION

Los valores promedio de las variables Ptr y PSE reflejan el comportamiento de las mismas en la población venezolana, estando estos resultados ligeramente por debajo de los reportados para el país (33,34).

Los valores de PG son muy similares a los reportados por Fomon y col (1), ubicándose justo por encima de éstos en el sexo femenino y en el masculino a partir de los 7 años, en las edades previas en este sexo los valores se mantienen por debajo de la media de dichos valores. En relación al PM la media en este estudio es inferior en varones y hembras, en todas las edades a la reportada por dichos autores. Los resultados de % PG son definitivamente superiores en las niñas e inferiores en varones hasta los 6 años de edad, se iguala a los 7 años y son superiores en los grupos de 8 y 9 años (1).

Es de hacer notar que en el estudio de Fomon y col, los cálculos de estos componentes se hicieron utilizando diversas metodologías en los distintos grupos de edad considerados por los autores, que incluyó desde fórmulas de regresión distintas a las utilizadas en este estudio hasta datos derivados de análisis de estudios de composición corporal con isótopos marcados (5,35). Las características propias de la población estudiada también pudieran condicionar estos resultados (34).

La comparación de las variables PG y % PG en varones y hembras a la edad de 5 años, única edad reportada en el estudio de Amador y col, demuestra valores muy superiores en las medias obtenidas por estos autores (36), lo cual se explica por la composición de este grupo de estudio en que hay mayor dispersión de los valores más elevados como lo evidencia las diferencias reportadas entre la media y la mediana, lo cual hace pensar en una adiposidad y corpulencia más alta en este grupo; así mismo, el método para seleccionar los niños según la edad cronológica es diferente, en el estudio aquí reportado se consideró año cronológico entero (5,00 – 5,99) mientras que estos autores utilizaron medio año (4,6 – 5,5).

La comparación de los valores de la distribución percentilar del AKS con los de otros estudios es muy limitada, debido a que los datos publicados son escasos y corresponden sólo a algunas de las edades aquí consideradas; así tenemos que los resultados obtenidos en este estudio para el grupo de 5 años comparados con los de los niños cubanos (37) evidencian valores similares pero algo inferiores a los de la media y de los percentiles ubicados por debajo de la misma reportados por esta autora, mientras que en los percentiles superiores, en particular 90 y 97, los valores son mucho más altos, lo cual se explica por la composición de este grupo de estudio como se señaló antes (36).

El comportamiento de los valores de la media del AKS en los años considerados, refleja fundamentalmente el crecimiento de la masa magra a lo cual se pudiera añadir el efecto producido por el control de las variables maduración sexual y talla, ya

que está descrito que el estirón puberal constituye el principal condicionante de los cambios registrados en el compartimiento masa magra (38). La correlación negativa alta del índice con la talla, corrobora lo señalado por otros autores (14), además de las asociaciones que se pueden derivar de la construcción misma de la fórmula para el cálculo del indicador. La correlación significativa con el PM señala que el indicador es un buen reflejo de este compartimiento corporal. Llama la atención los valores inferiores en el sexo masculino sin que se disponga de ninguna explicación para ello.

Respecto a otros factores que afectan el comportamiento de la masa magra se piensa que tuvieron poco impacto en este grupo de estudio, dada la uniformidad de los factores étnicos, actividad física y hábitos alimentarios del mismo (39,40). Estos resultados permiten concluir la necesidad de aplicar la distribución percentilar del índice AKS en la evaluación nutricional en edades pediátricas, por lo que la disponibilidad de valores de distribución percentilar del índice de sustancia activa (AKS) constituye una herramienta muy importante para el diagnóstico efectivo de la condición nutricional en niños. Los mismos deben ser validados y estudiada su efectividad.

## REFERENCIAS

1. Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson S E. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr.* 1982; 35(5):S1169-175.
2. Lohman TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev.* 1986;14: 325-57.
3. Cheek DB, Hill D, E, Cordano A. and Graham G. Malnutrition in infancy; changes in muscle and adipose tissue before and after rehabilitation. *Pediatr Res.* 1970;4:135-44.
4. Forbes GB. Human body composition: growth aging, nutrition, and activity. New York: Springer-Verlag; 1997. 350 p.
5. Barac-Nieto M, Spur GB, Lotero H, Maksud MG. Body composition in chronic undernutrition. *Am J Clin Nutr.* 1978; 31:23-40.
6. Hansen-Smith FM, Picou D, Golden MH. Growth of muscle fibres during recovery from severe malnutrition in Jamaican infants. *Br J Nutr.* 1979;41: 275-82.
7. Amador M, Hermelo M. Cambios fisiopatogénicos durante la evolución de la desnutrición proteico energética: III. Etapa de descompensación. *Rev Cub Pediatr.* 1985;57:109-28.
8. Brown MR, Klish WJ, Hollander J, Campbell MA, Forbes GB. A high protein, low caloric liquid diet in the treatment of very obese adolescents: long term effect on lean body mass. *Am J Clin Nutr.* 1983;33:1002-009.
9. Durrant ML, Garrow SJ, Royston P, Stalley SF, Sunkin S, Warwick PM. Factors influencing the composition on the weight lost by obese patients on a reducing diet. *Br J Nutr.* 1980; 44:275-86.
10. Archibald EH, Harrison JE, Pentcharz PB. Effect of a weight reducing high protein diet in the body composition of obese

- adolescents. *Am J Dis Child.* 1983;137: 658-62.
11. Gurney JM, Jelliffe DB. Arm anthropometry in nutritional assessment: nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross sectional muscle and fat mass. *Am J Clin Nutr.* 1973;26:912-15.
  12. Frisancho AR. Role of calorie and protein reserves on human growth during childhood and adolescent in a mestizo Peruvian population. In: Greene L, Johnston FE, editors. *Social and biological predictors of nutrition status, physical growth and neurological development.* New York: Academic Press; 1980. p. 49-58.
  13. Frisancho AR, Garn SM. The implications of skinfolds and muscle size to developmental and nutritional status of Central. *Trop Geogr Med.* 1971; 23(2):167-72.
  14. Frisancho AR. Triceps skinfolds and upper arm muscle size norms for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1974;27:1052-058.
  15. Malina RM, Johnston FE. Relations between bone muscle and fat widths in the upper arms and calves of boys and girls studied cross-sectionally at ages 6-16 years. *Hum Biol.* 1967;39:211-23.
  16. Trowbridge FL, Hiner CD, Roberston AD. Arm muscle indicators and creatinine excretion in children. *Am J Clin Nutr.* 1982;36: 691-96.
  17. Siervogel RM, Roche AM, Himes JH, Chumlea WC, McCammon R. Subcutaneous fat distribution in males and females from 1 to 39 years of age. *Am J Clin Nutr.* 1982; 36:162-71.
  18. Dugdale AE, Griffith SM. Estimating fat body mass from anthropometric data. *Am J Clin Nutr.* 1979; 32:2400-403.
  19. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et.al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988;60(5):709-23.
  20. Amador M, Rodríguez C, Bacallao J. Contribución del índice energía/proteína en la evaluación de la composición corporal en preescolares. *Bol Med Hosp Infantil Mex.* 1980;37(4):631-44.
  21. Amador MA, Bacallao J, Peña M. Capacidad discriminatória de ciertos índices antropométricos para evaluar la desnutrición. *Bol Sanit Panam.* 1986;101:101-13.
  22. Amador MA, González María E, Córdova L. Pérez N. Diagnosing and misdiagnosing malnutrition. *Act Paediatr Acad Scient Hung.* 1982;23:397-400.
  23. Hermelo M, Amador MA. Métodos para la evaluación de la composición corporal en humanos. *Indicadores bioquímicos para la evaluación del estado de nutrición.* La Habana: Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos; 1993. 133 p.
  24. Amador MA, Rodríguez C. Testing of two score systems for the diagnosis of malnutrition. *Act Paediatr Hung.* 1983;24(3):231-45.
  25. Programa de atención a la malnutrición. Estadísticas de la consulta de triaje – niños. Tendencia de la distribución de los pacientes según estado nutricional. Centro de Atención Nutricional Infantil Antímano. Disponible en: <http://www.cania.org.ve/html/diagnostico.html> [Citado 02 jun 2009]
  26. Azuaje A, Henríquez Pérez G, Rached de Paoli I. Efectividad del índice AKS en el diagnóstico del estado nutricional. Poster presentado en el XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición; 2003 Nov; México: Acapulco.
  27. Henríquez Pérez G. Evaluación del estado nutricional. En: *Nutrición en Pediatría.* Caracas: Centro de Atención Nutricional Antemano (CANIA); 1999. p. 17-62.
  28. Tanner JM. *Growth at adolescence.* Oxford: Blackwell Science; 1978. 340 p.
  29. Izaguirre de Espinoza I, Macías de Tomei C, Sileo E. Evaluación de la maduración. En: López –Blanco M, Landaeta-Jiménez M, editores. *Manual de crecimiento y desarrollo.* Caracas: Sociedad Venezolana de Puericultura y Pediatría, Fundacredesa, Serono; 1991. p. 9-15.
  30. Tanner JM, Hiernaux J, Jarman S. *Growth and physique studies.* In: Weiner JS, Lourie JA. *Human biology: A guide to field methods,* editors. Oxford: Blackwell Scientific; 1969. p. 1-76.
  31. Ulijaszek SJ, Kerr DA. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr.* 1999; 82:165-77.
  32. Correlación. En: Pagano M, Gauvreau k. *Fundamentos de bioestadística.* 2 ed. México: Thomson; 2001. p. 398-414.
  33. Méndez Castellano H, López-Blanco M, Landaeta-Jiménez M, González Tineo A, Pereira I. Estudio Transversal de Caracas. *Arch Venez Puer Pediatr.* 1986; 49(3-4):111-55.
  34. Crecimiento físico y maduración. En: Mendez Castellano H, Lopez de Blanco M, Benaim Pinto G, Maza Zavala D, Gonzáles de Scholtz I, editores. *Estudio nacional de crecimiento y desarrollo humanos de la República de Venezuela: Proyecto Venezuela.* Caracas: Ministerio de la Secretaria, Fundacredesa; 1996. p. 406-846.
  35. Van Loan M. Total body composition: birth to old age. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition.* Champaign: Human Kinetics; 1996. p. 205-15.
  36. Amador M, Canetti S, Cordova L. Índices antropométricos para la evaluación nutricional: valores en niños sanos de 5 años de edad. *Rev Cub Pediatr.* 1983; 55:47-55.
  37. Hermelo M, Pérez H, Amador MA. Uso del AKS como indicador del estado de nutrición. *Rev Cub Pediatr.* 1986; 65(1):33-45.
  38. Malina RM. Regional body composition: age, sex and ethnic variation. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition.* Champaign: Human Kinetics; 1996. p. 217-55.
  39. Mota A. Aproximación diagnóstica de la Parroquia Antímano. *Bol Nutr Infantil CANIA.* 1999; 3:14-9.
  40. Patrón de consumo alimentario de los niños de la Parroquia Antímano atendidos en el CANIA. Caracas: Centro de Atención Nutricional Antímano; 1997. (Documento Técnico).

Recibido: 05-06-2009

Aceptado: 24-08-2009

## Evaluación del riesgo nutricional mediante el *MNA* en una población anciana no institucionalizada

*J. De la Montaña Miguélez, C. Areal Salve, M. Míguez Bernárdez*

Area de Nutrición y Bromatología. Facultad de Ciencias de Ourense. Universidad de Vigo. España

**RESUMEN.** En este trabajo se evaluó el estado nutricional de las personas mayores de 65 años de la provincia de Ourense con el fin de detectar posibles riesgos de desnutrición. Participaron 728 ancianos (63,6% mujeres y 36,4% hombres) de edad media  $80,7 \pm 7,4$  años. Se midieron parámetros antropométricos (peso, distancia talón-rodilla y circunferencia del antebrazo y de la pantorrilla) y se utilizó el cuestionario Mini Nutritional Assessment (MNA). Se observó que el 70% de la población no presentaba un estado nutricional adecuado (el 57,5% está en situación de riesgo de desnutrición y el 12,5% desnutridos); esta situación empeora entre las personas de 65 a 70 años y los mayores de 81 años y entre la población femenina. Los ítems que se observan con mayor frecuencia en la población estudiada son la pérdida involuntaria de peso, ingerir proteínas sólo en una de las comidas del día, consumir poco líquido, pérdida de apetito, tomar más de tres medicamentos al día y tener una movilidad limitada que no le permite salir de casa.

**Palabras clave:** Estado nutricional, Mini Nutritional Assessment (MNA), personas mayores.

**SUMMARY. Nutritional risk in no-institutionalized older, determined for the mini nutritional assessment (MNA).** The objective of this study was to determine the prevalence of the risk of undernutrition by evaluating the nutritional status in a representative sample of older people in Ourense. The total sample was 728 subjects (63,6% woman and 36,4% men) with a mean age of  $80,7 \pm 7,4$  years old. Anthropometric parameters (weight, distance heel-knee, calf circumference and mid-arm circumference) were determined and the MNA (Mini Nutritional Assessment) was applied and 70% of individuals with nutritional problems were identified (57.5% with nutritional risk and 12.5% malnourished). The subjects aged between 65 and 70 years old, 81 and over, and females presented higher nutritional problems. The items that were observed most frequently in the studied population and therefore responsible for this nutritional situation were the involuntary loss of weight, consumption of at least one serving of protein per day, low daily liquid intakes, loss of appetite, taking more than 3 prescription drugs per day and to have a limited mobility.

**Key words:** Nutritional status, Mini Nutritional Assessment (MNA), older people.

### INTRODUCCION

La mejora de las condiciones socioeconómicas en la mayor parte de los países europeos ha contribuido a mejorar la calidad de vida y, como consecuencia, a una mayor esperanza de vida en su población. Las tasas de natalidad han descendido en todos los países europeos en los últimos 30 años, pero de forma más acentuada en los países del sur de Europa, lo que ha originado un envejecimiento poblacional (1). Según la estimación realizada por Naciones Unidas (1998) los países más envejecidos para el año 2050 serán España seguido de Italia en los que habrá respectivamente 3,6 y 3,4 personas de más de 60 años, por cada persona de 15 años. Estos cambios de población tienen implicaciones en muchos aspectos de la sociedad desde el punto de vista social, político o sanitario y todos ellos deben ir encaminados a conseguir que se alcance esta etapa de la vida en las mejores condiciones físicas y psíquicas (2). Según el informe realizado por el Instituto Nacional de Estadística "Proyección de la población española para el periodo 1980-2010", ésta sufrirá un notable envejecimiento en este periodo. Si actualmente las personas

de 65 años o más suman alrededor de 4,3 millones, en el año 2010 España contará con 6,2 millones, entre ellas 270.000 con una edad superior a 85 años (3). Un 5% de la población anciana española vive institucionalizada y un 95% en su domicilio, de estos el 80% vive en familia y sólo el 20% vive solo, aunque este porcentaje es mucho mayor que hace unos años y continúa en aumento constante (4). La prevalencia de desnutrición en la población anciana que vive en su domicilio varía entre el 3 y el 5%, sin embargo en los hospitalizados el porcentaje aumenta al 20-40%, en los servicios quirúrgicos está alrededor del 40-60% y en los institucionalizados puede alcanzar cifras por encima del 60% (5). En el estudio PLENUFAR III (6) realizado en el 2006 se concluyó que Ourense, junto a Almería, Valladolid y Guadalajara son las provincias que poseen mayor índice de desnutrición. La etiología de la malnutrición es multifactorial. Por un lado están los problemas derivados de la edad avanzada y que afectan de forma importante a todo el funcionamiento del aparato digestivo dando lugar a disfagia, maldigestión, malabsorción, estreñimiento, etc. Por otro lado, se manifiestan problemas socio-económicos (aislamiento social, bajo poder adquisitivo,

etc.), problemas psicológicos (trastornos del comportamiento alimentario, depresión) y otros fundamentales como las enfermedades de base y la consiguiente polimedición con el riesgo de presentar cuadros de interacción fármaco-nutriente, la hospitalización reciente, etc. (4). Algunos de los problemas de salud de este grupo tan heterogéneo y vulnerable podrían ser solventados, o al menos paliados, mediante una adecuada intervención nutricional que contribuiría a mejorar la calidad de vida del anciano, reducir la susceptibilidad a alguna de las enfermedades más frecuentes y contribuir a su recuperación y de esta manera ayudar a mantener, durante el mayor tiempo posible un estilo de vida independiente para permanecer siempre que sea posible, en el ambiente propio de cada uno. Esta intervención debe basarse en un adecuado conocimiento del estado nutricional y debe evaluarse periódicamente para comprobar su eficacia (7). El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado nutricional de ancianos no institucionalizados de la provincia de Ourense (España) mediante el cuestionario Mini Nutritional Assessment (MNA) para detectar posibles situaciones de riesgo o de desnutrición y tomar las medidas adecuadas para paliar o prevenir dicha situación.

### La muestra

Se diseñó un estudio epidemiológico transversal en el que se incluyeron personas de ambos sexos con edad igual o mayor de 65 años, no institucionalizados y con domicilio en la provincia de Ourense. Se excluyeron aquellas personas que por su estado cognitivo no se podía aplicar el test, las que no se podía obtener información subrogada a través de familiares y/o cuidadores y aquellos sujetos postrados o en estado terminal. El método de muestreo fue no probabilístico por cuotas de edad y sexo.

Participaron de forma voluntaria 728 personas mayores de 65 años ( $80,7 \pm 7,4$  años) que viven en sus domicilios, el 63,6% son mujeres y 36,4% son hombres. Se han subdividido en tres grupos etarios (de 65 a 70 años; de 71 a 80 años y mayores de 81 años) más de la mitad de la muestra tiene una edad superior a los 81 años, un 36% están entre los 71 y los 80 años y un 10,6% pertenecen al grupo de ancianos jóvenes.

### METODOLOGIA

La evaluación del estado nutricional se realizó mediante el cuestionario Mini Nutritional Assessment (MNA) (8) cumplimentado por el personal de los servicios sociales de los distintos ayuntamientos que previamente recibieron un curso para adquirir la formación adecuada. El MNA consta de 18 ítems agrupados en 4 áreas: *parámetros antropométricos*, *valoración global*, *parámetros dietéticos* y *valoración subjetiva* del estado de salud. La puntuación máxima es de 30 puntos; valores iguales o superiores a 24 establecen un estado nutricional óptimo, entre 23,5-17,0 determinan riesgo de

desnutrición y puntuaciones inferiores a 17 puntos indican desnutrición.

La medida de los parámetros antropométricos la realizaron los asistentes sociales previamente formados. Midieron a cada participante los siguientes parámetros: peso en kg, con una balanza modelo SECA (1 kg de precisión) con la persona descalza y con ropa ligera, en el caso de ancianos con problemas de movilidad se utilizó una báscula de silla; la circunferencia braquial o del antebrazo (CB) en cm, con una cinta métrica inelástica (0,1 cm de precisión) y en la parte superior del brazo no dominante, perpendicularmente al eje del mismo en el punto medio entre el olecranon y el acromion; circunferencia de la pantorrilla (CP) en cm siguiendo las prescripciones de los autores del MNA (8) y la distancia talón-rodilla en cm, mediante el empleo de un antropómetro colocando la rodilla y el tobillo flexionados en ángulo de  $90^\circ$ , el brazo fijo del antropómetro se situó debajo del talón y el móvil sobre la superficie anterior del muslo por encima de los cóndilos del fémur a una distancia de 4 cm de la rótula. Esta medida se utilizó en la fórmula de Chumlea para el cálculo de la altura. (9). Las medidas se realizaron por triplicado tomando el valor medio de las mismas. El IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) se calculó a partir de los datos de peso y altura.

Se realizó un tratamiento estadístico de los datos realizándose un estudio descriptivo (medias y frecuencias) y para las diferencias de medias entre sexos, edad y grados de desnutrición se utilizó el análisis de varianza, considerando significativos los valores de  $p < 0,05$ . Estos análisis se realizaron con el programa SPSS versión 14.0 para Windows.

### RESULTADOS

El IMC medio para esta población (Tabla 1) fue de  $27,4 \pm 7,6 \text{ kg}/\text{m}^2$ , presentando los hombres valores significativamente más elevados para el peso ( $p=0,000$ ) y el IMC ( $p=0,000$ ); por el contrario las mujeres eran significativamente más altas que los hombres ( $p=0,000$ ). Respecto al estado nutricional evaluado mediante el MNA se comprobó que solamente el 30% de la muestra se encontraba en un estado nutricional óptimo. Las mujeres presentaron peor situación nutricional que los hombres, ya que solamente un 18% estaba en un estado óptimo, frente al 51% de los hombres por lo que la mayor parte de la población desnutrida o en riesgo se encontró entre las ancianas.

La puntuación media del MNA ( $21,4 \pm 3,9$ ) indicó que la situación general era de riesgo de desnutrición (Tabla 2), y lo mismo ocurre si lo analizamos por sexos, encontrando valores significativamente más altos, para el MNA y para las cuatro áreas que lo conforman, en los hombres con respecto a las mujeres. Estudiando el estado nutricional por grupos de edad (Tabla 3) se encontró que al grupo de ancianos mayores de 81 años le correspondía el porcentaje más elevado de personas

desnutridas y si a estos le sumamos los que están en situación de riesgo, se observó que el 71,4% de esta parte de la población o estaba desnutrida o en situación de riesgo. Entre los ancianos más jóvenes se encontraron los porcentajes más bajos de desnutrición (Tabla 3), sin embargo fue el grupo con mayor porcentaje de personas en situación de riesgo nutricional. Al estudiar estadísticamente los valores obtenidos para el MNA y para cada uno de los ítems que lo conforman, en los tres grupos de edad, únicamente se encontraron diferencias significativas para el ítem valoración global, siendo los valores para el grupo de ancianos jóvenes significativamente más altos ( $p=0,001$  y  $p=0,005$ ) que para los otros dos grupos etarios (Tabla 3).

TABLA 1  
Descripción de la muestra

	Muestra	Hombres	Mujeres
Nº individuos (%)	728 (100%)	265 (36,4%)	463 (63,6%)
Edad (años)	80,7±7,4	80,4±7,3 <sup>a</sup>	80,8±7,5 <sup>b</sup>
>81 años	53,4%	51,3%	54,2%
71-80 años	36,0% <sup>ç</sup>	39,2%	32,5%
65-70 años	10,6%	9,5%	13,3%
Peso (kg)	70,1±14,0	75,6±13,1 <sup>a</sup>	66,2±13,3 <sup>b</sup>
Talla (m)	1,61±0,12	1,58±0,15 <sup>a</sup>	1,63±0,10 <sup>b</sup>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,4±7,6	30,6±8,3 <sup>a</sup>	25,1±6,1 <sup>b</sup>
Estado nutricional			
Desnutrición (%)	12,5%	6,8%	15,7%
Riesgo desnutrición (%)	57,5%	42,2%	66,3%
Estado óptimo (%)	30,0%	51,0%	18,0%

Valores con distintos superíndices en la misma fila fueron significativamente diferentes ( $p<0,05$ ).

TABLA 2  
Media ±desviación típica de las puntuaciones del MNA y de las 4 áreas

	Muestra	Hombres	Mujeres	Valor estadístico (p)
MNA	21,4±3,9	23,2±3,6 <sup>a</sup>	20,4±3,7 <sup>b</sup>	0,000
Parámetros				
antropométricos	6,4±1,6	6,8±1,4 <sup>a</sup>	6,1±1,7 <sup>b</sup>	0,000
Valoración global	5,9±1,9	6,4±1,8 <sup>a</sup>	5,7±1,8 <sup>b</sup>	0,000
Parámetros dietéticos	6,1±1,2	6,9±1,0 <sup>a</sup>	5,7±1,1 <sup>b</sup>	0,000
Valoración subjetiva	2,9±0,9	3,0±0,8 <sup>a</sup>	2,8±0,9 <sup>b</sup>	0,001

Valores con distintos superíndices en la misma fila fueron significativamente diferentes ( $p<0,05$ ).

En cuanto a la contribución de las 4 áreas del MNA al estado nutricional de esta población (Tabla 4) se observó el valor más alto en los parámetros antropométricos lo que se debe a que el 29% presenta un valor del IMC<23 y un tercio de estos ancianos sufrieron pérdida de peso involuntaria en los últimos tres meses. En cuanto a los parámetros dietéticos se encontró que un 34,4% de ancianos sólo ingería proteínas en una de las 3 comidas, un 27,5% redujo su ingesta alimentaria por presentar pérdida de apetito y solamente el 27,6% bebían más de 5 tazas de líquidos al día. La valoración global mostró una población sometida a polimedicación (70,2%) con situaciones de estrés o de enfermedad reciente (28%), además más la mitad de los ancianos presentaban problemas de movilidad que le impedía salir de casa y de ellos un 12,8% permanecían en cama o en silla. El área que menos contribuyó a la situación de riesgo nutricional fue la valoración subjetiva, lo que se explicaría por que la mayoría de los ancianos entrevistados consideraban que su estado de salud era similar o incluso mejor que el de otros ancianos de su misma edad.

TABLA 3  
Estado nutricional de la población, por grupos de edad y valores para el MNA y las cuatro áreas que lo conforman

Grupos etarios (años)	Estado nutricional (%)							
	Óptimo	Riesgo	Desnutrición	MNA	PA	VG	PD	VS
>81	28,5	57,3	14,1	21,3±4,0 <sup>a</sup>	6,3±1,6 <sup>a</sup>	6,0±1,8 <sup>b</sup>	6,0±1,2 <sup>a</sup>	2,9±0,9 <sup>a</sup>
71-80	31,7	55,7	12,6	21,3±4,0 <sup>a</sup>	6,5±1,6 <sup>a</sup>	5,7±1,9 <sup>b</sup>	6,2±1,3 <sup>a</sup>	2,9±0,9 <sup>a</sup>
65-70	31,2	64,9	3,9	22,4±3,1 <sup>a</sup>	6,6±1,5 <sup>a</sup>	6,6±1,8 <sup>a</sup>	6,2±1,1 <sup>a</sup>	2,9±0,8 <sup>a</sup>

PA (parámetros antropométricos); VG (valoración global); PD (parámetros dietéticos); VS (valoración subjetiva). Valores con distintos superíndices en la misma columna fueron significativamente diferentes ( $p<0,05$ ).

TABLA 4  
Valor medio (media±desviación típica) para las 4 áreas del MNA y porcentaje de población para las respuestas de cada ítem

MNA (Mini nutritional assessment) Parámetros antropométricos (6,4±1,6)			
1. Índice de masa corporal (IMC)			
IMC<19: 7,6%	19<IMC<21: 10,2%	21<IMC<23: 11,2%	IMC>23: 71%
2. Circunferencia del brazo (CB)			
CB<21: 1,4%	21<CB<22: 0,3%	CB>22: 98,3%	
3. Circunferencia pantorrilla (CP)			
CP<31: 14%	CP>31: 86%		
4. Pérdida de peso durante los tres últimos meses			
Mayor de 3 kg: 12,6%	No sabe: 18,7%	Entre 1 y 3 kg: 15,5%	Sin pérdida de peso: 53,2%
Valoración global (6,0±1,9)			
5. Vive independiente			
No: 62,6%	Sí: 37,4%		
6. Toma más de tres medicamentos al día			
Sí: 70,2%	No: 29,8%		
7. Ha sufrido un estrés psicológico o una enfermedad reciente			
Sí: 28%	No: 72%		
8. Movilidad			
Tiene que estar en cama o en silla: 12,8%	Se levanta de cama o de la silla, pero no sale: 35,7%	Sale: 51,5%	
9. Problemas neuropsicológicos			
Demencia o depresión grave: 7,8%	Demencia leve: 27,1%	Sin problemas: 65,1%	
10. Escaras o lesiones cutáneas			
Sí: 9,1%	No: 90,9%		
Parámetros dietéticos (6,1±1,2)			
11. ¿Cuántas comidas completas toma diariamente?			
1 comida: 0,4%	2 comidas: 5,1%	3 comidas: 94,5%	
12. ¿Toma al menos un lácteo diario? ¿Come legumbres o huevos dos veces a la semana? ¿Come carne, pescado o pollo a diario?			
0 ó 1 sí: 34,4%	2 síes: 12,9%	3 síes: 52,7%	
13. ¿Consume frutas o verduras más de dos veces al día?			
No: 15,7%	Sí: 84,3%		
14. ¿Ha reducido el consumo alimenticio durante los tres últimos meses por falta de apetito, problemas digestivos o dificultades al masticar o tragar?			
Reducción severa: 3,6%	Moderada: 23,9%	No reducción: 72,5%	
15. ¿Cuánto líquido (agua, zumo, café, té, leche) consume diariamente?			
<3 tazas: 25,4%	3-5 tazas: 47%	>5 tazas: 27,6%	
16. Manera de alimentarse			
Incapaz de comer sin ayuda: 5,5%	Se autoalimenta con dificultad: 10,7%	Come solo: 83,8%	
Valoración subjetiva (2,9±0,9)			
17. ¿Cree que tiene problemas nutricionales?			
Importantes: 0,4%	No sabe o desnutrición moderada: 16,1%	Sin problemas: 83,5%	
18. Comparándose con gente de su misma edad ¿cómo considera su estado de salud?			
Peor: 14,1%	No sabe: 15,5%	Igual: 40,4%	Mejor: 29,9%

## DISCUSION

El valor medio del MNA ( $21.4 \pm 3.9$ ) para la población estudiada se encuentra en el intervalo de riesgo de desnutrición, este valor medio es inferior al encontrado en ancianos coetáneos institucionalizados de Mataró con una edad media similar (10), en una población de ancianos de Brasil que vivían en sus hogares, aunque en este caso la proporción de personas en riesgo nutricional fue bastante mayor (11) y en ancianos institucionalizados finlandeses (12). Por el contrario, en ancianos japoneses (13) y peruanos (14) el MNA medio observado fue ligeramente inferior. Diversos trabajos han evidenciado que la institucionalización de los ancianos y la edad están relacionados con un deterioro del estado nutricional (15-17).

En la mayoría de los estudios consultados se comprueba que el estado nutricional de los ancianos se encuentra en una situación de riesgo y/o de desnutrición ya establecida. Como causas de esta situación se aceptan las alteraciones biológicas (composición corporal, sensibilidad sensorial,...), psíquicas (depresión, demencia..) y sociales (soledad, dependencia,..) que se producen durante el proceso de envejecimiento (7).

Comparando los resultados obtenidos en este trabajo con los presentados en el "Tercer plan de educación nutricional por el farmacéutico: PLENUFAR III" (6), se observa que, con respecto a la media española y a la media gallega correspondiente al 2005, el porcentaje de ancianos de Ourense en situación de riesgo nutricional o de desnutrición encontrados fueron más del doble. Situación similar se observó al cotejar los resultados de este trabajo con los obtenidos en el PLENUFAR III (6) para la provincia de Ourense, los ancianos desnutridos pasaron de 8.6% en 2005 a 12.5% y del 23.9% al 57.5% para los que estaban en riesgo nutricional. Esto evidencia por tanto un empeoramiento considerable en el estado nutricional de los ancianos de Ourense en estos dos años. Esta situación se manifestó prácticamente en todos los ítems valorados, excepto en los referidos a la valoración subjetiva de su salud y de sus problemas nutricionales, así por ejemplo, se duplicó el porcentaje de ancianos que perdieron más de tres kilos de peso involuntariamente y se cuadruplicó el de ancianos que no viven solos, aumentó el de personas mayores que toman más de tres medicamentos al día, el de los que tienen una movilidad limitada y no pueden salir de sus casas y el de personas con alguna demencia.

Comparando las respuestas a los 18 ítems del MNA con otros estudios (18,19) se observaron algunas similitudes con ancianos venezolanos, como el bajo consumo de líquidos en esta población y en la limitada actividad física que les impide salir de casa (18). Sin embargo al comparar con ancianos japoneses (19) algo más jóvenes ( $72.2 \pm 4.3$  años) llama la atención la diferencia entre los porcentajes de personas que toman más de tres medicamentos al día (70,2% ourensanos vs. 21,7% japoneses), los que viven independientemente (el

37,4% de los ourensanos frente a todos los participantes japoneses). Por el contrario, es mayor la proporción de ancianos japoneses que creen que tienen problemas nutricionales. Gran parte de estas diferencias se pueden deber a las distintas edades medias de las poblaciones.

## CONCLUSIONES

La mayoría de la población es mayor de 81 años y se clasificó en situación de "riesgo nutricional" en base al valor del MNA, siendo este menor en las mujeres, lo que indica un peor estado nutricional en el sexo femenino. Los ítems valoración global y parámetros dietéticos son los que más contribuyen a esta situación de riesgo nutricional. Se detectó, en la cuarta parte de la población, la presencia de factores de riesgo como la pérdida de peso, haber sufrido recientemente alguna enfermedad o demencia, polimedicación y la movilidad restringida. En general los hábitos dietéticos indican que más de la mitad no incluye alimentos proteicos de forma habitual en alguna de las comidas diarias y la ingesta diaria de líquidos es inferior a la recomendada. Esta población considera que no tiene problemas nutricionales y la autopercepción de su estado de salud es satisfactoria.

## REFERENCIAS

1. Aranceta J. Restauración colectiva en centros geriátricos. En Aranceta, J. (ed): Nutrición comunitaria. Masson, SA, Barcelona. 2001;133-146.
2. Ruíz-López MD, Artacho Martín-Lago R, López Martínez M.C. Recomendaciones nutricionales para los ancianos. *Ars Pharmaceutica*. 2000;Vol.41(1):101-113.
3. Russolillo G, Martí A, Martínez JA. Alimentación y nutrición en las distintas etapas de la vida. En Martínez JA, Astiasarán I, Madrigal H (eds.): Alimentación y salud pública. McGraw-Hill Interamericana. Madrid. 2001;127-138.
4. Ramos-Martínez A, Asensio-Vegas A, Núñez-Palomo S, Millán-Santos I. Prevalencia y factores asociados a malnutrición en ancianos hospitalizados. *An. Med. Interna Madrid*. 2004;Vol. 21(6): 263-268.
5. García-Peris P. Prevalencia y factores asociados a malnutrición en ancianos hospitalizados. *An. Med. Interna. Madrid*. 2004;Vol. 21(6):261-2622.
6. Vocalía Nacional de alimentación. "Tercer Plan de Educación Nutricional por el Farmacéutico III (PLENUFAR III): Educación Nutricional a las Personas Mayores" (1996).
7. Arbonés G, Carvajal A, Gonzalvo B, González-Gross M, Joyanes M, Marques-López I. *et al.* Nutrición y recomendaciones dietéticas para personas mayores. Grupo de trabajo "Salud Pública" de la Sociedad Española de Nutrición. *Rev Nutr Hosp*. 2003;18 (3): 109-137.
8. Guigoz Y, Vellas B, Garry PJ. The Mini Nutritional Assessment (MNA): a practical assessment tool for grading the nutritional state of elderly patients. In Vellas, B.J.; Guigoz, Y.; Garry, P.J.; Albarede, J.L. (eds). *Nutrition in the elderly-the Mini*

- Nutritional Assessment (*MNA*). Facts research and intervention in geriatrics. Serdi Publishing. Paris. 1997. p 15.
9. Chumlea WC, Baumgartner NT. Estatus and anthropometry and body composition data in elderly subjects. *Am J Clin Nutr Suppl.* 1989;50:1158-1166.
  10. Salvá A, Bolibar I, Muñoz M, Sacristán V. Un nuevo instrumento para la valoración nutricional en geriatría: el Mini Nutritional Assessment (*MNA*). *Rev Gerontol.* 1996;6:319-328.
  11. Delacorte RR, Moriguti JC, Matos FD, Pfrimer K, Marchini JS, Ferriolli E. Mini Nutritional Assessment score and the risk for undernutrition in free-living older persons. *J Nutr Health & Aging.* 2004;Vol. 8(6):531-534.
  12. Suominen M, Muurinen S, Routasalo P, Soini H, Suur-Uski I, Peiponen A. *et al.* Malnutrition and associated factors among aged residents in all nursing homes in Helsinki. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2005;59:578-583.
  13. Inoue K, Kato M. Usefulness of the Mini Nutritional Assessment (*MNA*) to evaluate the nutritional status of Japanese frail elderly under home care. *Geriatric Gerontol Int* 2007;7: 238:244.
  14. Sandoval L, Varela L. Evaluación del estado nutricional de pacientes adultos mayores ambulatorios. *Rev Med Hered.* 1998;Vol. 9(3):104-108.
  15. Ramon J, Subira C. Grupo Español de Investigación en Gerontología. Prevalencia de malnutrición en la población anciana española. *Med Clin (Barc).* 2001;Vol. 117(20):766-770.
  16. Rodríguez N, Hernández R, Herrera. H, Barbosa J, Hernández-Valera Y. Estado nutricional de adultos mayores institucionalizados venezolanos. *Invest. Clin.* 2005;Vol.46 (3):219-228.
  17. Margetts BM, Thompson RL, Elia M, Jackson AA. Prevalence of risk of undernutrition is associated with for health status in older people in the UK. *European J Clin Nutr.* 2003;57:69-74.
  18. Díaz N, Meertens L, Solano L, Peña E. Caracterización nutricional antropométrica de ancianos institucionalizados y no institucionalizados. *Invest Clin.* 2005;Vol. 46(2):111-119.
  19. Iizaka S, Tadaka E, Sanada H. Comprehensive assessment of nutritional status and associated factors in the healthy, community-dwelling elderly. *Geriatr Gerontol Int.* 2006; 8:24-31.

Recibido: 01-07-2009

Aceptado: 03-08-2009

## Retinolemia, consumo de vitamina A e pressão arterial em idosos

*Mellina Neyla de Lima Albuquerque, Alcides da Silva Diniz, Ilma Kruze Grande de Arruda*

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde – UFPE. Recife-PE. Brasil

**RESUMO.** O objetivo deste estudo foi avaliar a retinolemia e o consumo de alimentos-fonte de vitamina A e a sua associação com os níveis pressóricos arteriais em idosos. Consiste em estudo transversal, com amostra sistemática de 297 idosos inscritos no Programa de Saúde da Família de Camaragibe, Pernambuco, no período de novembro/dezembro de 2003. O status de vitamina A foi avaliado pela retinolemia (HPLC) e pelo consumo de alimentos-fonte de vitamina A (questionário de frequência alimentar). Os níveis pressóricos arteriais foram classificados segundo a V Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. Encontrou-se prevalência de retinolemia inadequada ( $<1,05 \mu\text{mol/L}$ ) de 26,3% (IC<sub>95%</sub> 21,4-31,9). A frequência de consumo alimentar de vitamina A pré-formada ( $>3\text{x/semana}$ ) foi menor ( $p=0,000$ ) do que dos alimentos pro-vitamina A. A prevalência de hipertensão arterial sistêmica (HAS) foi de 58,6% (IC<sub>95%</sub> 52,7-64,3), com destaque para a hipertensão sistólica isolada. A retinolemia não mostrou correlação ( $p>0,05$ ) com o consumo dietético de vitamina A. Por sua vez, os níveis pressóricos também não apresentaram associação ( $p>0,05$ ) com o consumo de vitamina A. No entanto, a média da retinolemia foi maior ( $p=0,02$ ) no grupo de idosos classificados com HAS Estágio I, comparada àquela observada para o grupo de idosos com pressão arterial classificada como ótima/normal. Os achados evidenciam a vulnerabilidade dessa população à hipovitaminose A e à HAS. No entanto, o papel da vitamina A na modulação da função endotelial e na resposta inflamatória associada a HAS precisa ser mais bem investigado.

**Palavras-chave:** Idoso, vitamina A, hipertensão, programa de Saúde da família.

### INTRODUÇÃO

Na medida em que a longevidade cresce, aumenta a prevalência de doenças em que a progressão da idade é fator de risco, a exemplo da hipertensão arterial sistêmica (HAS), que por ocasionar elevada morbimortalidade em idosos e apresentar altos custos médicos e socioeconômicos, configura um grave problema de saúde pública no Brasil e no mundo (1).

A integridade do endotélio vascular é essencial à regulação da pressão arterial (PA) e, embora a disfunção endotelial possa não ser o fator etiológico primário da HAS, esse distúrbio pode contribuir para o desenvolvimento e o agravamento do quadro hipertensivo (2). O aumento de evidências sobre a contribuição da disfunção endotelial no desenvolvimento da aterosclerose, a qual tem como importante fator de risco a

**SUMMARY. Retinolemia, vitamin A intake, and blood pressure in the elderly.** The objective of this study was to evaluate the retinolemia and consumption of vitamin A rich foods and their association with blood pressure levels in the elderly. This is a cross-sectional study, with a systematic sample of 297 elderly subjects enrolled at the Family Health Program of Camaragibe, Pernambuco, between November/December of 2003. Vitamin A status was assessed by retinolemia (HPLC) and by the consumption of vitamin A rich foods (food frequency questionnaire). Blood pressure levels were classified according to the V Brazilian Guidelines on Hypertension. A prevalence of inadequate retinolemia ( $<1.05 \mu\text{mol/L}$ ) of 26.3% (CI<sub>95%</sub> 21.4-31.9) was found. The frequency of preformed vitamin A intake ( $>3\text{x/week}$ ) was lower ( $p=0.000$ ) than the provitamin A intake. The prevalence of systemic arterial hypertension (SAH) was 58.6% (CI<sub>95%</sub> 52.7-64.3). Isolated systolic hypertension was more prevalent among subjects. There was no correlation between retinolemia and vitamin A rich-food intake ( $p>0.05$ ). In addition, there was no association between blood pressure levels and vitamin A rich-food intake ( $p>0.05$ ). However, retinolemia in the elderly classified in stage I of SAH was higher ( $p=0.02$ ) than in the elderly with great/normal blood pressure. The findings suggest a vulnerability of these subjects to hypovitaminosis A and SAH. Nevertheless, the role of vitamin A in the endothelial function modulation and inflammatory responses associated to SAH should be addressed in future studies.

**Key words:** Elderly, vitamin A, hypertension, family health program.

HAS, reforça a hipótese de que o estresse oxidativo poderia ser um de seus mais importantes mecanismos patológicos (3).

Em indivíduos saudáveis, os efeitos deletérios do estresse oxidativo são neutralizados por um coordenado sistema de defesa celular antioxidante (4), do qual participam diversos micronutrientes. A vitamina A destaca-se por ser essencial às funções orgânicas e estaria relacionada a vários fatores que determinam a suscetibilidade ao estresse oxidativo (5). Uma vez que evidências experimentais vêm confirmando a implicação da oxidação de macromoléculas na lesão endotelial das doenças cardiovasculares, o interesse pela ação das vitaminas antioxidantes nesse processo tem aumentado notavelmente (6).

Considerando que a população idosa constitui um estrato étario de risco para deficiências nutricionais, com maior suscetibilidade ao estresse oxidativo e grande vulnerabilidade

a doenças e agravos não transmissíveis (7), esse artigo objetivou avaliar as concentrações de retinol sérico, o consumo de alimentos-fonte de vitamina A e suas associações com os níveis pressóricos arteriais em idosos do município de Camaragibe-PE.

## MÉTODOS

**Desenho e área do estudo:** estudo de corte transversal envolvendo idosos de ambos os sexos cadastrados no Programa de Saúde da Família (PSF) de Camaragibe-PE, no período de novembro/dezembro de 2003. Foram excluídos os idosos inscritos no PSF que não se encontravam no município na coleta de dados e aqueles que referiram a ingestão de vitamina A e/ou suplementos vitamínicos nos três meses prévios à coleta de dados. O município de Camaragibe pertence à região metropolitana do Recife, em Pernambuco. No Brasil, é definida como idosa a pessoa que tem 60 anos ou mais de idade (8). Segundo o Censo Demográfico 2000, o município possuía 7,3% de seus residentes idosos (9).

**Amostragem:** após estudo piloto, o tamanho amostral foi estimado tendo por base prevalência de 25,0% de HAS, nível de confiança de 95% e margem de erro aceitável de 5,0%, resultando em 279 idosos. Considerando eventuais perdas, o tamanho amostral foi corrigido em 15,0%, totalizando 321 indivíduos. As unidades amostrais foram selecionadas por amostragem sistemática, a partir da frequência acumulada do total de idosos por PSF. O intervalo amostral ( $k$ ) foi determinado pela razão entre a população elegível ( $N$ ) e o tamanho amostral ( $n$ ). O início casual ( $i$ ) foi sorteado e as unidades amostrais obtidas pela adição do início casual ao intervalo amostral cumulativo [ $i + (n-1)k$ ] (10).

**Coleta, processamento e análise:** para obtenção da retinolemia, foi colhida uma alíquota de 1 mL de sangue venoso, flebotomia cubital, acondicionada em tubo de ensaio protegido da luz. Após coagulação e centrifugação, alíquotas do soro foram analisadas por Cromatografia Líquida de Alta Resolução (HPLC) (11). O consumo dietético de vitamina A habitual foi avaliado pela frequência semanal de consumo de grupos de alimentos com significativo teor de vitamina A (>100 ER/100g de alimento) nos últimos seis meses (12). A pressão arterial sistólica (PAS) e a diastólica (PAD) foram aferidas pelo método auscultatório, sendo tomadas duas medidas por paciente, no braço direito, com intervalo de 5 minutos. A PAS e a PAD foram assinaladas na primeira e na quarta fase de Korotkoff, respectivamente. Foram analisados os valores pressóricos obtidos na segunda aferição, classificados pela V Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial (13).

**Processamento e análise dos dados:** Utilizado o programa Epi Info, versão 6,04b (WHO/CDC, Atlanta, GE), os dados foram digitados em dupla entrada e a consistência testada pelo módulo *validate*. As análises estatísticas foram realizadas com o *Statistical Package for Social Sciences* – SPSS for Windows, versão 13.1 (SPSS Inc., Chicago, IL). As variáveis contínuas foram testadas quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors. A retinolemia apresentou distribuição normal, sendo descrita sob a forma de média e desvio padrão. As PAS e PAD não tiveram distribuição normal, sofreram transformação logarítmica (Ln), foram retestados quanto à normalidade, continuaram com distribuição não gaussiana e foram descritos por medianas e intervalos interquartílicos. Na descrição das proporções, a distribuição binomial foi aproximada à distribuição normal pelo intervalo de confiança de 95%. Nos testes de inferência estatística, as proporções foram comparadas pelo teste do Qui quadrado de Pearson. As variáveis com distribuição normal tiveram suas médias comparadas pelos testes *t de student* para dados não pareados. O teste U de Mann Whitney foi utilizado quando os critérios de normalidade não foram atingidos. Na comparação entre mais de duas médias foi utilizada a análise de variância (ANOVA), quando os critérios de homocedasticidade e distribuição normal foram atingidos, e o teste de Tukey utilizado *a posteriori*.

**Aspectos éticos:** o estudo foi aprovado em 07/11/2001 pelo Comitê de Ética do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (protocolo de nº 183/2001), estando os procedimentos de acordo com os padrões éticos do comitê responsável por experimentos com humanos.

## RESULTADOS

Dos 321 idosos, foi aferida a PA em 290, realizado o inquérito de consumo alimentar em 289 e obtida a retinolemia em 285. As perdas foram decorrentes de impossibilidade ou recusa do idoso em ser avaliado, por falhas no preenchimento dos dados, no processamento e na análise laboratorial do material biológico.

**Características da amostra:** a amostra foi heterogênea em relação à variável sexo ( $p=0,000$ ), com predomínio de mulheres (ca 62,0%), em todas as faixas etárias. A distribuição dos idosos mostrou-se igualmente heterogênea quanto à idade ( $p=0,000$ ), concentrando-se mais na faixa etária de 60 a 64 anos (39,1 %).

**Retinolemia:** a retinolemia média foi de  $1,47 \pm 0,54 \mu\text{mol/L}$  ( $41,9 \pm 15,4 \mu\text{g/dL}$ ), variando de  $0,29 \mu\text{mol/L}$  ( $8,4 \mu\text{g/dL}$ ) a  $2,74 \mu\text{mol/L}$  ( $78,2 \mu\text{g/dL}$ ). Cerca de 26,0% ( $\text{IC}_{95\%}$  21,3-31,9) dos idosos apresentaram retinolemia inadequada ( $<1,05 \mu\text{mol/L}$ ), embora apenas um indivíduo tenha apresentado nível considerado deficiente ( $<0,35 \mu\text{mol/L}$ ) (Tabela 1).

TABELA 1  
Distribuição das concentrações de retinol sérico e dos níveis de pressão arterial em idosos inscritos no Programa de Saúde da Família. Camaragibe -PE, 2003

Classificação		n	f* (%)	IC**	F*** (%)	p****
Retinol sérico (µmol/L)	<0,70	26	9,12	6,16-13,23	9,12	0,000
	0,70 a <1,05	49	17,19	13,10-2,19	26,31	
	1,05 a <1,40	64	22,46	17,84-27,83	48,77	
	≥1,40	146	51,23	45,27-57,15	100,0	
	Total	285	100,00			
Níveis Pressóricos Arteriais <sup>1</sup>	Hipertensão					0,000
	Estágio 1 <sup>†</sup>	38	13,10	9,55-17,66	13,10	
	Estágio 2 <sup>‡</sup>	27	9,31	6,33-13,40	22,41	
	Estágio 3 <sup>‡</sup>	24	8,28	5,48-12,22	30,69	
	HSI <sup>¶</sup>	81	27,93	22,92-33,54	58,62	
	Pressão Arterial Ótima/Normal <sup>o</sup>	120	41,38	35,69-47,30	100,0	
Total	290	100,00				

\*frequência simples \*\*Intervalo de Confiança de 95% \*\*\*frequência acumulada \*\*\*\*Teste do Qui quadrado de Pearson

<sup>1</sup> V Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial, 2006 <sup>†</sup>PAS (mmHg) 140-159 e PAD 90-99 <sup>‡</sup>PAS (mmHg) 160-179 e PAD 100-110

<sup>¶</sup>PAS (mmHg) ≥ 180 e PAD ≥ 110 <sup>o</sup> Hipertensão Sistólica Isolada = PAS (mmHg) ≥140 e PAD <90 <sup>o</sup> PAS (mmHg) <140 e PAD <90

**Pressão arterial sistólica e diastólica:** a PAS apresentou uma mediana de 140 mmHg, intervalo interquartilico de 30 mmHg, valor máximo de 220 mmHg e mínimo de 80 mmHg. A PAD apresentou uma mediana de 80 mmHg, intervalo interquartilico de 20 mmHg, valor máximo de 120 mmHg e mínimo de 50 mmHg. Mais da metade dos idosos apresentaram níveis pressóricos acima da normalidade e, na caracterização dos tipos de síndrome hipertensiva, predominou a hipertensão sistólica isolada (Tabela 1).

**Consumo de alimentos fontes de vitamina A:** o consumo habitual de alimentos de origem animal, numa frequência >3x/

semana (30,5%) foi significativamente inferior (p=0,000) ao observado para os alimentos de origem vegetal (69,5%).

**Consumo de alimentos fonte de vitamina A, retinolemia e níveis pressóricos:** não foram observadas associações entre o consumo habitual de alimentos fonte de vitamina A com as concentrações de retinol sérico (p> 0,05), nem com os níveis pressóricos arteriais (p> 0,05) (Tabela 2). No entanto, a retinolemia média foi maior (p= 0,02) no grupo de idosos classificados como hipertensos no Estágio I, quando comparada com a média observada para o grupo de idosos com pressão arterial considerada ótima/normal (Tabela 3).

TABELA 2  
Distribuição das concentrações de retinol sérico e dos níveis de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), segundo o consumo de alimentos-fonte de vitamina A, em idosos inscritos no Programa de Saúde da Família. Camaragibe- PE, 2003

Grupos de alimentos	Consumo semanal	Retinol (µMol/L)			PAS (mmHg)			PAD (mmHg)		
		n	X <sup>1</sup> (DP <sup>2</sup> )	p <sup>3</sup>	n	Med <sup>4</sup> (IQ) <sup>5</sup>	p <sup>6</sup>	n	Med <sup>4</sup> (IQ) <sup>5</sup>	p <sup>6</sup>
Frutas	≤ 3x	85	1,44 (0,56)	0,762	93	140 (20)	0,349	93	80 (20)	0,704
	> 3x	180	1,47 (0,54)		195	140 (30)		195	80 (20)	
Verduras	≤ 3x	76	1,50 (0,61)	0,504	83	140 (30)	0,834	83	80 (20)	0,962
	> 3x	189	1,45 (0,52)		205	140 (30)		205	80 (20)	
Leite	≤ 3x	138	1,44 (0,55)	0,466	145	140 (30)	0,406	145	80 (20)	0,794
	> 3x	127	1,49 (0,54)		143	140 (30)		143	80 (20)	
Carnes/ovos	≤ 3x	41	1,40 (0,57)	0,459	44	135 (50)	0,660	44	80 (20)	0,295
	> 3x	225	1,47 (0,54)		245	140 (30)		245	80 (20)	
Visceras	≤ 1x	242	1,46 (0,54)	0,950	263	140 (30)	0,326	270	80 (20)	0,980
	≥ 2x	21	1,47 (0,63)		22	135 (20)		22	80 (20)	

<sup>1</sup>Média <sup>2</sup>Desvio Padrão <sup>3</sup>teste t de student para dados não pareados <sup>4</sup>Mediana <sup>5</sup>Intervalo Interquartilico <sup>6</sup>Teste U de Mann-Whitney

TABELA 3

Distribuição das concentrações de retinol sérico segundo os níveis de pressão arterial em idosos inscritos no Programa de Saúde da Família. Camaragibe- PE, 2003

Classificação <sup>1</sup>	n	Retinol ( $\mu\text{Mol/L}$ )	
		X <sup>2</sup> (DP <sup>3</sup> )	p <sup>4</sup>
Pressão Ótima/Normal <sup>2</sup>	114	1,37 (0,52 <sup>a</sup> )	0,02
Hipertensão	Estágio 1 <sup>†</sup>	34	1,71 (0,50 <sup>b</sup> )
	Estágio 2 <sup>‡</sup>	23	1,38 (0,49 <sup>a,b</sup> )
	Estágio 3 <sup>§</sup>	21	1,48 (0,59 <sup>a,b</sup> )
	HSI <sup>¶</sup>	75	1,51 (0,58 <sup>a,b</sup> )
Total	267	1,46 (0,55)	

<sup>1</sup> V Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial, 2006 <sup>2</sup> Média

<sup>3</sup>Desvio Padrão  $\Omega$  PAS (mmHg) <140 e PAD <90

<sup>†</sup>PAS (mmHg) 140-159 e PAD 90-99

<sup>‡</sup>PAS (mmHg) 160-179 e PAD 100-110

<sup>§</sup>PAS (mmHg)  $\geq$  180 e PAD  $\geq$  110

<sup>¶</sup>Hipertensão Sistólica Isolada PAS (mmHg)  $\geq$ 140 e PAD <90

\*ANOVA uma via

<sup>a,b</sup>letras  $\neq$  significam médias  $\neq$  ao nível de significância de 5,0% (teste de Tukey).

## DISCUSSÃO

A elevada prevalência de hipovitaminose A observada nos idosos de Camaragibe (26,3%) é fato preocupante e remete para a necessidade de maiores cuidados com essa faixa etária, visto a vulnerabilidade de tais indivíduos às alterações próprias do envelhecimento que se refletem no estado de saúde e nutrição. Prevalências inferiores de hipovitaminose A, de 9,6% (14) e 13,0% (15), foram encontradas em estudos realizados em idosos do Estado de São Paulo. Diferenças metodológicas na adoção dos critérios de classificação da retinolemia, nas análises laboratoriais, no perfil de saúde e nutrição e na faixa etária das amostras limitam, porém, a comparação desses resultados com os observados em Camaragibe.

Em estudo incluindo americanos idosos e de meia-idade, a retinolemia média foi bem superior ( $2,36 \pm 0,6 \mu\text{Mol/dL}$ ) à detectada nos idosos de Camaragibe ( $1,47 \pm 0,54 \mu\text{mol/L}$ ) (16). Considerando a tendência de um incremento da retinolemia com a progressão da idade (17), bem como a essencialidade da vitamina A em múltiplos aspectos da biologia humana, torna-se salutar a manutenção de um *status* orgânico de vitamina A adequado, tendo em vista ainda que suas propriedades antioxidantes têm sido reportadas na proteção contra muitas doenças e condições associadas ao envelhecimento (18,19), dentre elas a HAS.

Diante do padrão de consumo habitual verificado entre os idosos de Camaragibe, é lícito supor que a ingestão significativa de alimentos-fonte de vitamina A de origem vegetal corrobora a maior suscetibilidade de que tais indivíduos

possuem de sofrer hipovitaminose A, considerando o baixo poder de bioconversão da pró-vitamina A em retinol, que afeta a bioeficácia desse nutriente.

Deve-se enfatizar, contudo, que a obtenção de dados dietéticos estaria na dependência de limitações concernentes ao tipo de inquérito, à fidelidade às respostas, à variabilidade do conteúdo de vitamina A dos alimentos consumidos (20) e aos aspectos que interferem na sua absorção em nível intestinal (quantidade de gordura da dieta, integridade da mucosa e presença de enteroparasitoses).

A ausência de correlação entre a retinolemia e o consumo de alimentos fonte de vitamina A, observada nos idosos de Camaragibe, foi também documentada por estudos realizados com idosos americanos (21), a exemplo do *Baltimore Longitudinal Study of Aging* (17) e em adolescentes de uma escola da cidade de São Paulo (20).

Os níveis séricos de vitamina A não refletem, necessariamente, as reservas hepáticas dessa vitamina, uma vez que os mesmos são controlados homeostaticamente (21) e teriam as suas concentrações alteradas nos estágios de escassez das reservas hepáticas ou naquelas situações compatíveis com um quadro de hipervitaminose A. Portanto, modificações dos níveis de ingestão, em curto prazo de tempo, confundem a resposta quanto ao *status* nutricional desse nutriente (22). Diante disso, a tentativa de encontrar uma associação entre o consumo alimentar e o *status* orgânico desse nutriente, se situaria num campo meramente conceitual.

Segundo Russel (19), o consumo de vitamina A está, em geral, um pouco abaixo da *Recommended Dietary Allowances* (RDA), mas, apesar disso, os depósitos hepáticos se mantêm bem preservados durante o envelhecimento. O autor afirma ainda que há evidência de que a absorção de vitamina A aumentaria durante o processo de envelhecimento, devido às modificações fisiológicas da mucosa intestinal.

A elevada prevalência de HAS (58,62%) encontrada nos idosos de Camaragibe foi superior à observada em idosos brasileiros, com base nos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios-2003 (48,0%) (23), e em idosos do município de Campinas, São Paulo (51,8%) (24). É importante salientar que os estudos acima referidos analisaram dados de morbidade auto-referida, estando sujeitos, portanto, a apresentar prevalências subestimadas por desconhecimento de diagnóstico ou viés de memória do entrevistado.

A prevalência de HAS entre os idosos de Camaragibe foi muito semelhante à observada entre idosos no *The Bambuí Health and Ageing Study – BHAS* (61,5%), realizado em Minas Gerais e utilizando metodologia semelhante (25). Por sua vez, a HSI como síndrome hipertensiva predominante nos idosos de Camaragibe confirma os resultados do *Framingham Heart Study*, segundo o qual a prevalência de HSI aumenta progressivamente com a idade, tornando-se o tipo mais comum de hipertensão acima dos 60 anos (26).

Uma das explicações plausíveis para o incremento significativo na retinolemia, observado entre os idosos de Camaragibe com HAS em estágio I, em relação aos idosos com pressão arterial ótima/normal, poderia ser decorrente de uma maior mobilização dos estoques hepáticos da vitamina A para o plasma circulante. A maior disponibilidade de retinol para os tecidos-avos seria uma resposta de defesa celular antioxidante diante do estresse oxidativo gerado pelo processo hipertensivo.

Na fase inicial do processo oxidativo, a célula endotelial responde às múltiplas agressões dos lípidos da dieta, do tabagismo, da hipertensão, bem como de agentes virais e imunológicos, acelerando a produção de substâncias protetoras. No entanto, se a agressão é grave, há dano endotelial e suas propriedades protetoras são prejudicadas (27).

Foi demonstrada evidência experimental do efeito pró-oxidativo *in vivo* da privação de vitamina A, na qual foi sugerido que a maior suscetibilidade ao dano oxidativo no coração de ratos com hipovitaminose A era atribuída ao efeito modulador prejudicado da vitamina A na regulação gênica das enzimas do sistema antioxidante (5).

Grosjean et al.(28) encontraram experimentalmente que o ácido retinóico, metabólito ativo da vitamina A, atenua a transcrição gênica da enzima óxido nítrico sintase induzida por citocinas, em células endoteliais e cardíacas, reduzindo a formação excessiva de NO, que age como radical livre. O ácido retinóico poderia indiretamente diminuir a expressão gênica da referida enzima por atenuar a expressão gênica de citocinas pró-inflamatórias.

No entanto, deve-se ressaltar que outros nutrientes com potencial efeito antioxidante têm sido descritos na literatura, a exemplo do  $\alpha$  caroteno, do  $\beta$  caroteno, da criptoxantina, da lutéina, do licopeno, dos tocoferóis e do ácido ascórbico, dentre outros (4,7,16). Logo, atribuir a um único nutriente a proteção oxidativa seria uma limitação do modelo explicativo.

A HAS, por aumentar o estresse oxidativo, conduziria à ativação de células endoteliais e plaquetárias, exercendo efeitos pró-inflamatórios e pró-trombóticos que ampliariam o risco cardiovascular (29,30). Na casuística estudada, a manutenção das médias de retinol sérico em um *plateau* nos hipertensos em estágios II, III e com HSI, observada nessa casuística, poderia refletir a presença do componente inflamatório definitivamente instalado. Nesses estágios, o agravamento do processo hipertensivo cursa com a exacerbação do processo inflamatório, que atuaria como um fator de confundimento na interpretação das concentrações circulantes da vitamina A.

É importante salientar que a mensuração tradicional da proteína-C reativa, utilizada nessa investigação, não possui acurácia suficiente para discriminar indivíduos com processo inflamatório subclínico em curso e, portanto, não seria possível excluí-los no processo de amostragem, a fim minimizar esse possível fator de confundimento.

A HAS pode danificar vasos sanguíneos e induzir uma resposta de fase aguda, com aumento da síntese de proteínas envolvidas na resolução do dano inflamatório, como a proteína de enlace do retinol (RBP), interferindo significativamente na retinolemia (18).

A resposta inflamatória sistêmica pode alterar as concentrações circulantes de vitaminas antioxidantes por meio da utilização desses nutrientes para retardar a proliferação de radicais livres ativada por leucócitos, como parte da resposta inflamatória sistêmica (31). Em estado inflamatório crônico, porém, o dano aumentado pode ser o principal mecanismo pelo qual a inflamação altera as concentrações de vitaminas antioxidantes, de forma inversamente associada à magnitude da resposta inflamatória sistêmica (32).

A ausência de associação entre o consumo de alimentos fonte de vitamina A e os níveis pressóricos arteriais nos idosos de Camaragibe merece a devida reflexão, em virtude do número de variáveis intervenientes já citadas referentes à obtenção de dados dietéticos. Convém refletir ainda até que ponto um inquérito do tipo recordatório teria a reprodutibilidade e a acurácia desejáveis para um indicador de situação nutricional, principalmente, considerando o caráter crônico-evolutivo da síndrome hipertensiva.

O presente estudo evidencia então que a elevada prevalência de HAS observada retrata o novo paradigma vivenciado pela saúde pública brasileira, em virtude das recentes modificações demográficas, epidemiológicas e nutricionais. A extrema vulnerabilidade à hipovitaminose A entre os idosos de Camaragibe, bem como a ingestão semanal insuficiente de alimentos fonte de vitamina A de origem animal, é preocupante e sugere a necessidade de um maior estímulo ao consumo desse nutriente, a fim de que a população possa se beneficiar de seu valor nutricional e de seus potenciais efeitos antioxidantes protetores na DCV. Contudo, mais investigações são necessárias para elucidar os mecanismos pelos quais a disfunção endotelial e a resposta inflamatória podem interferir na gênese e manutenção da HAS e o comportamento das vitaminas de poder antioxidante na modulação desse processo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE 23-CDAP-02/2002-01/02-1), ao Ministério da Saúde (MS 708/2002) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

1. Liberman A. Aspectos epidemiológicos e o impacto clínico da hipertensão no indivíduo idoso. Rev Bras Hipertens.

- 2007;14(1):17-20.
2. Batlouni M. Endotélio e hipertensão arterial. *Rev Bras Hipertens.* 2001;8(3):328-38.
  3. Taddei S, Virdis A, Ghiadoni L, Magagna A, Salvetti A. Vitamin C improves endothelium-dependent vasodilation by restoring nitric oxide activity in essential hypertension. *Circulation.* 1998;97:2222-9.
  4. Evans P, Halliwell B. Micronutrients: oxidant/antioxidant status. *Br J Nutr.* 2001;85(Suppl 2):S67-S7.
  5. Oliveiros L, Veja V, Anzulovich AC, Ramirez D, Gimenez MS. Vitamin A deficiency modifies antioxidant defenses and essential element contents in rat heart. *Nutr Res.* 2000; 20(8):1139-50.
  6. Oliveira GS, Figueiredo ASP, Santos RS, Vianna LM. Efeito da suplementação de beta-caroteno na pressão arterial de ratos. *Rev Nutr.* 2007;20(1):39-45.
  7. Fletcher AE, Breeze E, Shetty P. Antioxidant vitamins and mortality in older persons: findings from the nutrition add-on study to the Medical Research Council Trial of the Assessment and Management of Older People in the Community. *Am J Clin Nutr.* 2003;78:999-1010.
  8. Brasil. Ministério da Saúde. Estatuto do Idoso. Brasília: Ministério da Saúde; 2006. 70p.
  9. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo demográfico: Brasil, 2003. Rio de Janeiro: IBGE; 2003.
  10. Berquó E, Souza JMP, Gotlieb SLD. Bioestatística. São Paulo: E.P.U; 1981.
  11. Furr HC, Tanumihardjo, Olson JA. Training manual for assessing vitamin A status by use of the modified relative dose response and the relative dose response assays Sponsored by the USAID vitamin A. Field Support Project-Vital, Washington; 1992. 70p.
  12. Rosen DS, Haselow N, Sloan N. How to use the HKI Food Frequency Method to assess community risk of vitamin A deficiency. Helen Keller International Vitamin A Technical Assistance Program. New York: Helen Keller International; 1993.
  13. Sociedade Brasileira de Cardiologia; Sociedade Brasileira de Hipertensão; Sociedade Brasileira de Nefrologia. V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. 2006. 48p.
  14. Roncada MJ, Marucci MFN, Lamônica IMR. Níveis sanguíneos de vitamina A e caroteno em indivíduos de meia-idade e idosos, em onze localidades do estado de São Paulo, Brasil. *Rev Saúde Pública.* 1985;19:336-43.
  15. Vannucchi H, Cunha DF, Bernardes MM, Unamuno MRD. Avaliação dos níveis séricos das vitaminas A, E, C e B<sub>2</sub>, de carotenóides e zinco, em idosos hospitalizados. *Rev Saúde Pública.* 1994;28(2):121-6.
  16. Sesso HD, Buring JE, Norkus EP, Gaziano JM. Plasma lycopene, other carotenoids and retinol and the risk of cardiovascular disease in men. *Am J Clin Nutr.* 2005;81:990-7.
  17. Hallfrisch J, Muller DC, Singh VN. Vitamin A and E intakes and plasma concentrations of retinol, beta-carotene, and alpha-tocopherol in men and women of the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Clin Nutr.* 1994;60:176-82.
  18. Stephensen CB, Gildengorin G. Serum retinol, the acute phase response, and the apparent misclassification of vitamin A status in the third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:1170-8.
  19. Russel RM. The aging process as a modifier of metabolism. *Am J Clin Nutr.* 2000;72 (suppl): S529-32.
  20. Vitolo MR, Gama CM, Queiroz SS, Lopez FA, Colugnati FAB. Retinol sérico de adolescentes de uma escola da cidade de São Paulo. *Rev Nutr.* 2004;17(3): 291-9.
  21. Garry PJ, Hunt WC, Bandrofchak JL, Vanderjagt D. Vitamin A intake and plasma retinol levels in healthy elderly men and women. *Am J Clin Nutr.* 1987;46:989-94.
  22. Olson JA. New approaches to methods for the assessment of nutritional status of the individual. *Am J Clin Nutr.* 1982;36:1166-1168.
  23. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD 2003). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE; 2003.
  24. Zaitune MPA, Barros MBA, César CLG, Carandina L, Goldbaum M. Hipertensão arterial em idosos: prevalência, fatores associados e práticas de controle no Município de Campinas, São Paulo, Brasil. *Cad Saúde Pública.* 2006;22(2):285-94.
  25. Barreto SM, Passos VMA, Firmo JOA, Guerra HL, Vidigal PG, Lima-Costa MFF. Hypertension and clustering of cardiovascular risk factors in a community in Southeast Brazil – The Bambuí Health and Ageing Study. *Arq Bras Cardiol.* 2001;77(6):576-81.
  26. Dórea EL, Lotufo PA. *Framingham Heart Study* e a teoria do contínuo de Pickering: duas contribuições da epidemiologia para a associação entre pressão arterial e doença cardiovascular. *Rev Bras Hipertens.* 2001;8(2):195-200.
  27. Carvalho MHC, Nigro D, Lemos VS, Tostes RCA, Fortes ZB. Hipertensão arterial: o endotélio e suas múltiplas funções. *Rev Bras Hipertens.* 2001;8(1):76-88.
  28. Grosjean S, Devaux Y, Seguin C, Meistelman C, Zannad F, Paul-Michel M *et al.* Retinoic Acid Attenuates Inducible Nitric Oxide Synthase (NOS2) Activation in Cultured Rat Cardiac Myocytes and Microvascular Endothelial Cells. *J Mol Cell Cardiol.* 2001;33:933-45.
  29. Ferroni P, Basili S, Paoletti, Davi G. Endothelial dysfunction and oxidative stress in arterial hypertension. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2006;16:222-33.
  30. Schillaci G, Pirro M. C-reactive protein in hypertension: clinical significance and predictive value. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2006;16:500-8.
  31. Gray A, McMillan DC, Wilson C, Williamson C, O'reilly DSJ, Talwar D. The relationship between the acute changes in the systemic inflammatory response, lipid soluble antioxidant vitamins and lipid peroxidation following elective knee arthroplasty. *Clin Nutr.* 2005;24:746-50.
  32. McMillan DC, Talwar D, Saltar N, Underwood M, O'reilly DSJ, McArdle C. The relationship between reduced vitamin antioxidant concentrations and the systemic inflammatory response in patients with common solid tumours. *Clin Nutr.* 2002;21(2):161-4.

Recibido: 10-07-2009

Aceptado: 04-11-2009

## DetECCIÓN DE *Bacillus cereus* TOXIGÉNICOS EN PRODUCTOS LÁCTEOS CON ESPECIAS Y LECHE DESHIDRATADAS COLECTADAS EN COSTA RICA

Walter Blanco, María Laura Arias, Cristian Pérez, César Rodríguez, Carolina Chaves

Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales, Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica; Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz H. San José, Costa Rica; Hospital Tomás Casas, Puerto Cortés, Puntarenas, Costa Rica

**RESUMEN.** *Bacillus cereus* es un bacilo Gram-positivo de amplia distribución en la naturaleza y asociado a diversos tipos de alimentos que, bajo ciertas circunstancias causa patologías de diversa índole. Se han descrito cepas diarrogénicas y eméticas basándose en el tipo de toxinas producidas. Con el fin de determinar el riesgo de salud que representa en esta bacteria, se determinó el potencial toxigénico de cepas aisladas a partir de quesos maduros con especias, quesos crema con especias y leches deshidratadas expendidas en San José, Costa Rica, mediante un PCR múltiple con oligonucleótidos específicos para los genes codificantes de las toxinas HBL y Nhe. A partir de 45 muestras recolectadas, se obtuvieron 15 aislamientos de *B. cereus*, (60% provenientes de queso crema con especias, 7% de leche deshidratada y 13% de queso maduro con especias). Todas las cepas estudiadas presentaron al menos uno de los genes analizados, seis de ellas provenientes de leches deshidratadas y quesos crema, exhibieron evidencia molecular de los genes *nheB*, *nheA*, *nheC*, *hblD*, *hblA* y *hblC* lo cual permite confirmar la correlación descrita para la presencia de los operones codificantes para la HBL y la Nhe. No obstante, la no detección de un gen no puede considerarse como prueba definitiva de su ausencia dado que existen polimorfismos en las secuencias de los genes aquí analizados. Los resultados demuestran que múltiples cepas de *B. cereus* encontradas en lácteos comprados en Costa Rica contienen los genes necesarios para sintetizar toxinas, por lo tanto es importante el manejo adecuado de estos productos ya que eventualmente pueden representar un riesgo para la salud pública.

**Palabras clave:** *Bacillus cereus*, toxinas, leche deshidratada, queso.

### **SUMMARY. Toxigenic *Bacillus cereus* detection in lactic products with spices and dehydrated milk collected in Costa Rica.**

*Bacillus cereus* is a Gram positive rod widely distributed in nature and associated to different types of food that, under some circumstances, may cause pathology to human beings. Diarrheic and emetic strains have been described based on the type of toxins produced. In order to determine the risk to health represented by this bacteria, the toxigenic potential of strains isolated from cheese with spices, spread cheese with spices and dehydrated milk, all sold in San José, Costa Rica, were determined using a multiplex PCR technique with oligonucleotides specific for the genes coding toxins HBL and Nhe. From 45 samples collected, 15 isolates of *B. cereus* were obtained (60% coming from spread cheese with spices 7% from dehydrated milk and 13% from cheese with spices). All the strains analyzed presented at least one of the genes analyzed; six of them, coming from dehydrated milk and spread cheese, showed molecular evidence of the genes *nheB*, *nheA*, *nheC*, *hblD*, *hblA* y *hblC*, confirming the correlation described for the presence of operons codifying for HBL and Nhe. Nevertheless, the no detection of a gene cannot be considered as a definitive proof of its absence, given the existence of polymorphism in the sequences of the genes analyzed. The results obtained show that multiple of the *B. cereus* strains found in lactic products from Costa Rica have the necessary genes for synthesizing toxins, so the correct handling of these products is very important since they can represent a risk for public health.

**Key words:** *Bacillus cereus*, toxins, dehydrated milk, cheese.

### INTRODUCCION

*Bacillus cereus* es un bacilo Gram-positivo ubicuo que bajo ciertas circunstancias causa patologías de diversa índole (11,12). Este microorganismo se ha aislado a partir de productos lácteos, incluyendo leches deshidratadas (6,8), especias (1,9), comidas deshidratadas, arroz hervido, arroz frito, pastas, carne, pollo, postres, sopas, ensaladas y vegetales (3,6).

Las cepas diarrogénicas asociadas a brotes alimenticios e infecciones oportunistas sintetizan un complejo de enterotoxinas que incluyen la enterotoxina T (BcET), la hemolisina BL (HBL), la enterotoxina no hemolítica (Nhe) y la citotoxina K (CytK) (2,10), así como una toxina emética

conocida como cerúlida (5). Las enterotoxinas arriba mencionadas, que son termolábiles y susceptibles a la degradación proteolítica, pueden encontrarse en los alimentos o ser sintetizadas por la bacteria dentro del intestino delgado de los humanos (3,4). La toxina emética, por el contrario, resiste más de una hora a 150°C (14), lo cual hace que sea posible encontrarla activa en productos que durante su manufactura son sometidos a elevadas temperaturas, como es el caso de las leches deshidratadas.

En este trabajo determinamos el potencial toxigénico de cepas de *B. cereus* aisladas a partir de quesos maduros con especias, quesos crema con especias y leches deshidratadas expendidas en San José, Costa Rica mediante un PCR múltiple con oligonucleótidos específicos para los genes

codificantes de las toxinas HBL y Nhe. Lo anterior con el fin de dilucidar si el consumo de estos productos se asocia a un riesgo sanitario.

## MATERIALES Y METODOS

### Colecta y manipulación de las muestras

Se analizaron 12 muestras de queso maduro con especias,

12 muestras de leche deshidratada y 21 muestras de queso crema con especias de producción nacional e importadas compradas en San José, Costa Rica (Tabla 1). Las muestras fueron transportadas al laboratorio en refrigeración, almacenadas a 4°C y analizadas en un máximo de 24 horas post-colección. Diferentes lotes fueron analizados por triplicado.

TABLA 1  
Características generales de las muestras analizadas en el estudio

Alimento	Peso (g)	Fecha de vencimiento	Alimento	Peso (g)	Fecha de vencimiento
Leche deshidratada marca A	400	Oct-08	Queso marca E con hierbas	252	12/05/2008
Leche deshidratada marca A	400	Oct-08	Queso marca E con hierbas	292	02/06/2008
Leche deshidratada marca A	400	Nov-08	Queso marca E con hierbas	292	02/05/2008
Leche deshidratada marca B	400	Jun-08	Queso marca E con especias	258	03/05/2008
Leche deshidratada marca B	400	Jun-08	Queso marca E con especias	304	16/06/2008
Leche deshidratada marca B	400	Oct-08	Queso marca E con especias	256	16/06/2008
Leche deshidratada marca C	400	Sep-08	Queso marca E con comino	378	23/04/2008
Leche deshidratada marca C	400	Ago-08	Queso marca E con comino	216	04/06/2008
Leche deshidratada marca C	400	Nov-08	Queso marca E con comino	322	04/06/2008
Leche deshidratada marca D	400	Jul-08	Queso marca E con Pimienta negra	296	23/04/2008
Leche deshidratada marca D	400	Jul-08	Queso marca E con Pimienta negra	364	16/04/2008
Queso crema marca F con cebolla	226	03/Jan/08	Queso crema marca G con pico de gallo	250	19/11/2007
Queso crema marca F con cebolla	226	03-Ene-08	Queso crema marca G con pico de gallo	250	02/12/2007
Queso crema marca F con cebolla	226	24-Nov-07	Queso crema marca G con pico de gallo	250	09/12/2007
Queso crema marca G con cebollinos	250	12/11/2007	Queso crema marca G con Salmón ahumado	250	05/11/2007
Queso crema marca G con cebollinos	250	26/11/2007	Queso crema marca G con Salmón ahumado	250	12/11/2007
Queso crema marca G con cebollinos	250	23/12/2007	Queso crema marca G con Salmón ahumado	220	26/11/2007
Queso crema marca G con hierbas y ajo	250	19/11/2007	Queso crema marca H con sabor a jamón	220	03/12/2007
Queso crema marca G con hierbas y ajo	250	05/11/2007	Queso crema marca H con sabor a jamón	220	05/01/2008
Queso crema marca G con hierbas y ajo	250	19/11/2007	Queso crema marca H con sabor a jamón	100	15/12/2007
Queso crema marca G con vegetales	250	19/11/2007	Queso crema marca I regular		23/11/2007
Queso crema marca G con vegetales	250	23/12/2007	Queso crema marca I regular	100	26/11/2007
Queso crema marca G con vegetales	250	30/12/2007	Queso crema marca I regular	100	20/11/2007

### Aislamiento e identificación de *Bacillus cereus*

Se utilizó la metodología descrita en el Compendio de Métodos para el Examen Microbiológico de Alimentos para el aislamiento de *Bacillus cereus* partir de productos lácteos (3). En breve, 25 g del alimento se mezclaron con 225 mL de Agua Peptonada Estéril (APE) 0,1% en un homogenizador tipo Stomacher (IUL Instruments, Barcelona). De esta suspensión se hicieron tres diluciones decimales y de cada dilución se inoculó 1 mL en 3 tubos de Caldo Tripticosa Soya (CTS) con Polimixina B (0.06 mg/m). Una alícuota de aquellos tubos que presentaron turbidez tras una incubación de 24 ± 2h a 35 ± 1°C fue inoculada en placas de agar Manitol-Yema de huevo-Polimixina (MYP). Las colonias grandes, planas, secas, rosadas y rodeadas de un halo que aparecieron des-

pués de incubar los platos a 35 ± 1°C por 24 ± 2h fueron identificadas presuntivamente como *Bacillus cereus* si daban una reacción positiva en la tinción de Gram, catalasa, fermentación de glucosa, movilidad y reducción de nitratos y una reacción negativa en las pruebas de oxidasa e indol. Esta identificación se confirmó con la batería de carbohidratos API CH50 y el software de identificación APILAB (Biomeriux®). Para descartar la presencia de *Bacillus thuringiensis* en la colección, se buscaron inclusiones parasporales cristalinas en cultivos esporulados teñidos con azul de Coomassie (3,75% en una mezcla 1:1 de ácido acético y etanol). Todos los aislamientos se crioconservaron a -20°C en caldo infusión cerebro corazón suplementado con 20% de glicerol.

### Detección de los genes *hblA*, *hblD*, *nheA*, *nheB* y *net* mediante PCR

Los genes de las enterotoxinas HBL y Nhe se detectaron mediante un PCR múltiple que utilizó ADN extraído mediante choque térmico como molde. Para esto, una colonia recuperada a partir de platos de agar MYP incubados por 24 horas a 35°C fue resuspendida en 500 µL de solución tamponada de fosfatos ajustada a pH = 6.8 (PBS) e incubada durante 20 minutos a 95°C. Los detritos celulares fueron removidos mediante centrifugación a 4°C por 10 min. Las reacciones de amplificación estuvieron compuestas por 2 µM de los oligonucleótidos HBLA1, HBLA2, L1A, L1B, *nheA* 344, *nheA* 843, *nheB* 1500 S, *nheB* 2269 A, *nheC* 2820 S y *nheC* 3401 A (7), 5 µL del ADN extraído por choque térmico, 25 µl del ready-to use 2X mastermix (Fermentas®) y la cantidad correspondiente de agua para alcanzar un volumen final de 50 µL. El programa de amplificación incluyó 30 ciclos de

desnaturalización a 94°C por 15 segundos, un paso de alineación a 55°C por 45 segundos y un paso de extensión a 72°C por 2 minutos. Como control positivo se usó la cepa *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* HD 137 la cual presenta todos los genes para las toxinas HBL y Nhe, y como control negativo se empleó la cepa *Escherichia coli* ATCC 25922. Los productos de PCR se evidenciaron en geles de agarosa al 2% teñidos con bromuro de etidio a una concentración final de 0,0005 mg/mL. Se utilizó el marcador de peso molecular 50 pares de bases (Fermentas®)

### RESULTADOS

Las 45 muestras colectadas dieron lugar a 15 aislamientos de *B. cereus* (Tabla 2). En detalle, se aislaron *B. cereus* en 2 quesos maduros con especias (13.3%), 9 quesos crema con especias (60%) y 4 muestras de leche deshidratada (26.6%).

TABLA 2  
Identificación de los aislamientos según tipo de muestra

Aislamiento	Gram	Hidrólisis Almidón	Hidrólisis Gelatina	Reducción de Nitratos	Similitud con <i>B. cereus</i> API CH50B (%)	Identificación API CH50B
LD2	BG+ Esporulado	-	+	+	87.4	<i>B. cereus</i>
LD3	BG+ Esporulado	-	+	+	81.7	<i>B. cereus</i>
LD4	BG+ Esporulado	+	+	+	82.2	<i>B. cereus</i>
LD5	BG+ Esporulado	-	+	+	87.3	<i>B. cereus</i>
LD6	BG+ No Esporulado	-	-	+	No ensayado	No ensayado
LD7	BG+ Esporulado	+	+	-	<i>B. stearothermophilus</i>	<i>B. stearothermophilus</i>
LD8	BG+ Esporulado	+	+	-	Perfil no aceptable	Indeterminado
Q1	BG+ Esporulado	+	+	+	86.3	<i>B. cereus</i>
Q2	BG+ Esporulado	+	+	+	86.3	<i>B. cereus</i>
Q3	BG+ Esporulado	+	+	+	<i>B. coagulans</i>	<i>B. coagulans</i>
QC1	BG+ Esporulado	-	+	+	84.6	<i>B. cereus</i>
QC2	BG+ Esporulado	-	+	+	85.2	<i>B. cereus</i>
QC3	BG+ Esporulado	+	+	+	80.2	<i>B. cereus</i>
QC4	BG+ Esporulado	+	+	+	89.2	<i>B. cereus</i>
QC5	BG+ Esporulado	-	+	+	82.3	<i>B. cereus</i>
QC6	BG+ Esporulado	-	+	+	87.3	<i>B. cereus</i>
QC7	BG+ Esporulado	-	+	+	85.2	<i>B. cereus</i>
QC8	BG+ Esporulado	-	+	+	83.5	<i>B. cereus</i>
QC9	BG+ Esporulado	+	+	-	81.5	<i>B. cereus</i>
QC10	BG+ Esporulado	+	+	-	<i>B. mycooides</i>	<i>B. mycooides</i>

LD: Leche deshidratada. Q: Queso. QC: Queso crema.

Los quince aislamientos presentaron al menos uno de los genes analizados (Tabla 3). Las cepas LD2, LD3, LD5, QC5, QC7 y QC8, provenientes de leches deshidratadas y quesos crema, exhibieron evidencia molecular de los genes *nheB*, *nheA*, *nheC*, *hblD*, *hblA* y *hblC*. En los aislamientos a partir de quesos crema QC1, QC2 y QC6 no se detectaron los genes

*nheC* ni *hblC*. En la cepa de queso crema QC3 se evidenciaron los genes *nheA*, *nheC* y *hblA*. En las cepas LD4, Q1, Q2 y QC4, recuperadas a partir de leche deshidratada, queso maduro y queso crema, se detectaron únicamente los genes *nheB* y *nheA*. Finalmente, el aislamiento QC9 de queso crema contiene los genes *nheA* y *nheC*.

TABLA 3  
Distribución de genes codificantes por toxinas en los  
aislamientos de *Bacillus cereus* analizados

Aislamiento <sup>#</sup>	<i>nheB</i>	<i>nheA</i>	<i>nheC</i>	<i>hblD</i>	<i>hblA</i>	<i>hblC</i>
LD2	+	+	+	+	+	+
LD3	+	+	+	+	+	+
LD5	+	+	+	+	+	+
QC1	+	+	-	+	+	-
QC2	+	+	-	+	+	-
QC5	+	+	+	+	+	+
QC6	+	+	-	+	+	-
QC7	+	+	+	+	+	+
QC8	+	+	+	+	+	+
LD4	+	+	-	-	-	-
Q1	+	+	-	-	-	-
Q2	+	+	-	-	-	-
QC4	+	+	-	-	-	-
QC9	+	-	+	-	-	-
QC3	-	+	+	-	+	-

<sup>#</sup>LD= leche deshidratada. QC= queso crema. Q= queso

## DISCUSION

El aislamiento de *B. cereus* en queso crema con especias (60%) y leche deshidratada (27%), resultado más frecuente que en quesos maduros con especias (13%). La elevada frecuencia de aislamiento de *B. cereus* a partir del primer tipo de muestra puede deberse a su alto contenido de grasa, ya que este factor confiere protección a las bacterias frente a los tratamientos reductores de la carga microbiana (14,15). De igual forma, la actividad de agua ( $A_w$ ) de este producto puede favorecer la germinación de esporas (6). En el caso de las leches deshidratadas, las esporas presentes en estado de latencia pudieron haber sobrevivido los tratamientos térmicos implicados en el proceso de manufactura (6) y para los quesos con especias su menor positividad podría explicarse debido a que se analizaron quesos maduros, los cuales como es conocido, llevan un proceso durante el cual el pH de los mismos desciende a niveles que la mayoría de los patógenos no toleran.

La Nhe es una toxina que requiere la expresión de todos sus genes para que se genere un producto con actividad biológica (8,4). Basado en lo anterior, es posible inferir que 2 aislamientos (QC3 y QC9) no sintetizan toxinas activas. Por su parte, la actividad biológica de la HBL se manifiesta con tan sólo uno de los genes codificantes, sin embargo, dicha actividad se ve incrementada de forma proporcional al número de componentes expresados (2). Con base en lo anterior, es de esperar que las 6 cepas que presentaron dos genes de la HBL presenten mayor actividad biológica que la que presentó solo uno de los genes o las que no presentaron ninguno. En este

trabajo se confirma la correlación descrita para la presencia de los operones codificantes para la HBL y la Nhe (7), ya que 6 de los 15 aislamientos con genes para la toxina HBL también tenían genes para Nhe. Finalmente, queremos destacar que la no detección de un gen no puede considerarse como prueba definitiva de su ausencia dado que existen polimorfismos en las secuencias de los genes aquí analizados (2,13).

Los resultados demuestran que múltiples cepas de *B. cereus* encontradas en lácteos comprados en Costa Rica contienen los genes necesarios para sintetizar toxinas, por lo tanto es importante el manejo adecuado de estos productos ya que eventualmente pueden presentar cepas de *Bacillus cereus*, con potencial patógeno, implicando un riesgo si se le brindan las condiciones apropiadas para que alcancen un número capaz de producir un cuadro clínico.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la valiosa colaboración de nuestras compañeras Laura Villalobos Soto y Florencia Antillón Guerrero.

## REFERENCIAS

- Banerjee M y Sarkar PK. Growth and enterotoxin production by sporeforming bacterial pathogens from spices. *Food Control*. 2004;15: 491-496.
- Cardazzo B, Negrisola L, Carraro L, Alberghini L, Patarnello T, Giaccone V. Multiple-Locus sequence typing and analysis of toxin genes in *Bacillus cereus* food borne isolates. *Applied and Environmental Microbiology*. 2008;74(3):850-860
- Downes FP y Ito K. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4 ed. Washington DC, Estados Unidos, American Public Health Association. 2001.
- Duport C, Zigha A, Rosenfeld E, Schmitt P. Control of enterotoxin gene expression in *Bacillus cereus* F4430/73 involves the redox sensitive ResDE signal transduction system. *J Bacteriology*. 2006;188(18):6640-6651.
- Ghelardi E, Celandroni F, Salvetti S, Barsotti C, Baggiani A y Senesi S. Identification and characterization of toxigenic *Bacillus cereus* isolates responsible for two food-poisoning outbreaks. *FEMS Microbiology Letters*. 2002;208 (1):129-134.
- Granum PE. *Bacillus cereus*. En: Foodborne pathogens: microbiology and molecular biology. Wymondham, Norfolk, UK: Caister Academic Press. 2005.
- Hansen BM y Hendriksen NB. Detection of Enterotoxic *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* Strains by PCR Analysis. *Applied and Environ Microbiology*. 2001;67 (1):185-189.
- Lindback T, Fagerlund A, Rodland MS y Granum PE. Characterization of the *Bacillus cereus* The enterotoxin. *Microbiology*. 2004;150:3959-3967.
- Little C, Omotoye R y Mitchell R. The microbiological quality of ready-to-eatfoods with added spices. *International J Environmen Health Research*. 2003;13(1):31-42.

10. Lund T, De Buyser ML y Granum PE. A new cytotoxin from *Bacillus cereus* that may cause necrotic enteritis. *Molecular Microbiology*. 2000;38(2):254-261.
11. Mahon C y Manuselis G. *Textbook of Diagnostic Microbiology*, 2 ed. Estados Unidos, Saunders. 2000.
12. McIntyre L, Bernard K, Beniac D, Isaac\_Renton J, Craig D. Identification of *Bacillus cereus* group species associated with food poisoning outbreaks in British Columbia, Canada. *Applied and Environ Microbiology*. 2008;74(23):7451-7453.
13. Prüss BM, Dietrich R, Nibler B, Märtlbauer E y Scherer S. The Hemolytic Enterotoxin HBL Is Broadly Distributed among Species of the *Bacillus cereus* Group. *Applied and Environ Microbiology*. 1999;65(12):5436-5442.
14. Rajkovic A, Uyttendaele M, Vermeulen A, Andjelkovic M, Fitz-James I, in 't Veld P, Denon Q, Verhe R y Debevere J. Heat resistance of *Bacillus cereus* emetic toxin, cereulide. *Letters in Applied Microbiology*. 2008;46:536-541.
15. Schlegelova J, Brychta J, Klimova E, Napravnikova E y Babak V. The prevalence of and resistance to antimicrobial agents of *Bacillus cereus* isolates from food stuffs. *Veterinary and Medicine*. 2003;48(11):331-338.

Recibido: 21-07-2009

Aceptado: 23-09-2009

## Diferencias étnicas y de aculturación en el consumo de alimentos en la Región Metropolitana de Santiago, Chile

*Berta Schnettler, Valeska Huaiquiniir, Marcos Mora, Horacio Miranda, José Sepúlveda y Marianela Denegri*

Universidad de La Frontera, Temuco, Chile, Universidad de Chile, Santiago, Chile

**RESUMEN.** Con el objetivo de detectar diferencias en los hábitos de consumo y gasto en alimentos según la etnia del consumidor y grado de aculturación en personas mapuche, se aplicó una encuesta personal a una muestra de 400 personas, estratificada por etnia con afijación simple, en cuatro comunas de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. En los resultados empíricos fue posible evidenciar que los hábitos de consumo de los grupos de alimentos que contemplan las Encuestas de Presupuestos Familiares no presentan marcadas diferencias según la etnia del consumidor, aunque el gasto mensual en alimentos es menor en los hogares mapuche. El origen étnico y el grado de aculturación en las personas mapuche están asociados significativamente sólo al consumo de hierba mate y comidas en restaurantes. Los mapuche mantienen prácticas de alimentación propias de su cultura ancestral y de alimentos incorporados más recientemente, como la hierba mate. El grado de aculturación está significativamente asociado al consumo de estos alimentos, los mapuche biculturales tienen mayor probabilidad de consumir una mayor gama de alimentos tradicionales que los mapuche aculturados.

**Palabras clave:** Alimentos, frecuencia de consumo, gasto mensual, mapuche, aculturación, Chile.

**SUMMARY.** Differences in food consumption associated with ethnic group and acculturation in the Metropolitan Region of Santiago, Chile. In order to identify differences in the food consumption and expenditure habits of Mapuches according to their ethnic group as consumers as well as their degree of acculturation, a personal survey was conducted on 400 people stratified by ethnic group in four districts of the Metropolitan Region of Santiago, Chile. The empirical results showed that habits regarding the consumption of food groups included in the Family Budget Survey did not present any significant differences depending on the consumer's ethnic group, although the monthly expenditure on food is lower in Mapuche households. The ethnic origin and degree of acculturation in Mapuches are only significantly associated with the consumption of mate (herbal infusion) and food in restaurants. Mapuches maintain both food practices belonging to their traditional culture as well as foods incorporated more recently, such as mate. The degree of acculturation is significantly associated with the consumption of these foods; bi-cultural Mapuches present a higher probability of consuming a greater range of traditional foods than acculturated Mapuches.

**Key words:** Foods, frequency of consumption, monthly expenditure, Mapuche, acculturation, Chile.

### INTRODUCCION

La alimentación constituye una parte fundamental de la identidad cultural de las sociedades. Los hábitos de alimentación determinan la frecuencia e intensidad de consumo de ciertos alimentos y sabores. Por lo anterior, es posible esperar que distintos grupos étnicos posean diferentes preferencias por los alimentos, debido a variaciones en los hábitos alimentarios marcados por el origen étnico-cultural (1). En este contexto y asociado a la globalización, existe un creciente interés por estudiar el consumo de alimentos en grupos o minorías étnicas en diferentes países del mundo (1-5), debido a que las decisiones de consumo y compra de alimentos dependerían del grado de aculturación del individuo (2, 5, 6) y del tipo de producto objeto de compra (2). No obstante, la gran mayoría de las investigaciones se ha centrado en las minorías étnicas inmigrantes y no en los pueblos originarios indígenas, de gran importancia en América.

Los mapuche constituyen el grupo aborígen más grande

de Chile y uno de los más grandes del continente. Según el Censo de 2002, el 5,4% de la población pertenece a alguno de los ocho pueblos indígenas reconocidos en Chile, de los cuales aproximadamente el 90% corresponde al pueblo mapuche. Si bien habitan en todo el territorio nacional, se concentran en la Región de La Araucanía (33,6%) y en la Región Metropolitana de Santiago (30,3%) (7). Sin embargo, la mayor influencia mapuche en la cultura chilena se registra en las Regiones del Bio-Bio, La Araucanía y Los Ríos, donde se ha introducido el consumo de merkén, pantrucas y sopaipillas, entre otros alimentos tradicionales mapuche. Diversos autores han sugerido y/o confirmado la existencia de un paulatino proceso de aculturación colectiva de los mapuche hacia la cultura chilena mayoritaria (8-10). Un factor importante en este proceso ha sido la migración rural-urbana mapuche que incide en el incremento del proceso de aculturación, y también en la falta de continuidad y mantención de la cultura mapuche por parte de los migrantes, lo que repercute en la transmisión oral que afecta la reproducción de la cultura original (11). La

aculturación ha significado cambios en variados aspectos, siendo la alimentación uno de ellos (8-10). Antes de 1960, el acceso a los alimentos procedía de la producción agrícola y de las prácticas de recolección de frutos y especies del bosque nativo. Probablemente la multiplicación de los medios de transporte y la construcción de caminos, durante la década de los 80-90, permitió el ingreso a las comunidades de alimentos y productos traídos desde la urbe (hierba mate, azúcar, aceite, fideos, arroz), los cuáles en la actualidad han pasado a ser indispensables en la dieta de cada familia. El consumo intensivo de trigo y sus derivados es representativo de una dieta conocida como “dieta indígena”, en que los cereales, granos, tubérculos, legumbre y frutos silvestres han sido los pilares. A partir de este indicador empírico, la dieta de los mapuche es evaluada por especialistas como “de baja calidad nutritiva especialmente en los aspectos calórico-proteico, y carente de fuentes de calcio y fósforo... no se consumen con la frecuencia recomendada fuentes de proteína animal (carnes y pescados), la falta de calcio, fósforo y vitaminas especialmente los hidrosolubles en periodos no productivos de frutas y verduras” (12). La etnia mapuche ha sido estudiada desde varias disciplinas, sin embargo, existen pocos estudios que aborden sus hábitos de alimentación (10,13-19) y el gasto en alimentos.

Las Encuestas de Presupuestos Familiares (EPF) permiten conocer las modificaciones en la estructura del gasto de los hogares chilenos estratificados socioeconómicamente (20), pero se carece de información según otras variables de clasificación relevantes, como es la etnia. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar diferencias en los hábitos de consumo y gasto mensual de los grupos de alimentos contemplados en las EPF en personas mapuche y no mapuche de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. Adicionalmente, se estudiaron las diferencias según el grado de aculturación y el consumo de alimentos tradicionales en la etnia mapuche.

## MÉTODOS

Se realizó una encuesta personal a una muestra de 400 personas de la Región Metropolitana de Santiago, cuyo número se obtuvo mediante la fórmula de muestreo aleatorio estratificado con afijación simple para poblaciones no finitas ( $N > 100.000$ ), considerando 95% de confianza y 5% de error de estimación con  $p$  y  $q$  de 0,5 (21). De esta forma, se encuestó a 200 personas no mapuche y 200 mapuche. Como instrumento de recogida de información se utilizó un cuestionario con preguntas mixtas sobre el consumo en el hogar de 11 grupos de alimentos y bebidas, adaptadas de los grupos de gasto que utiliza el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en las EPF (20): pan; cereales y pastas; carne; pescado y mariscos; leche, queso y huevos; aceite, mantequilla y margarina; frutas; verduras y tubérculos; azúcar, café, té; hierba mate; bebidas gaseosas y comidas en restaurantes (No consume, diariamente, dos a tres veces por semana, una vez a la semana,

ocasionalmente, otra frecuencia). A continuación se consultó el gasto mensual en el hogar en: alimentos (global), pan, carne, pescados y mariscos, leche y otros lácteos, abarrotes (cereales, legumbres, conservas), frutas y verduras; azúcar, café, té y hierba mate; y bebidas gaseosas (respuesta abierta). Los grupos de alimentos fueron reducidos en la pregunta del gasto mensual para facilitar la respuesta de las personas consultadas. Los valores en moneda nacional (\$ chilenos) fueron convertidos a dólares usando el valor promedio de 2008 (522,46 \$ chilenos por 1 US\$). Se incluyeron preguntas de clasificación sociodemográfica de los encuestados: género, edad, número de integrantes del grupo familiar; zona de residencia, ascendencia de origen, ocupación y estudios del jefe de hogar y, la tenencia de 10 bienes domésticos. Estas dos últimas variables permiten determinar el nivel socioeconómico (NSE), según Adimark (22), correspondiente a ABC1 (alto y medio alto), C2 (medio-medio), C3 (medio-bajo), D (bajo) y E (muy bajo). Adicionalmente, se consultó respecto a la persona que decide las comidas que serán consumidas en el hogar (marido, mujer, matrimonio en conjunto, familia en conjunto, servicio doméstico, otros). A las personas que se identificaron como mapuche se les aplicó una adaptación de la escala de aculturación mapuche desarrollada por Saiz et al. (9). Este modelo permite distinguir cuatro tipos aculturativos de acuerdo al grado en que una persona se involucra en la cultura original y en la cultura foránea: bicultural (alto grado de involucramiento en ambas culturas), marginal (bajo involucramiento en ambas culturas), no aculturado (alto involucramiento en la cultura de origen pero bajo en la cultura foránea) y aculturado (bajo involucramiento en la cultura de origen pero alto en la cultura foránea). Adicionalmente, se les consultó si consumen los siguientes alimentos y bebidas tradicionales: mudai (chicha elaborada con trigo machacado, pelado y hervido, fermentado varios días), tortilla de rescoldo (pan de harina de trigo cocido en ceniza caliente), catutos o mültrün (trigo sancocado molido, se le da forma alargada), pantrucas (masa de harina de trigo en forma cuadrada y huevo, cocido en caldo), charqui (carne deshidratada cubierta con sal y expuesta al sol), carne de caballo, apol (hígado de cordero con ají, comino, sal, cilantro y aceite), ñachi (sangre de cordero con sal, cilantro, ají, limón y aceite), müllokin (a base de arvejas cocidas molidas, hechas pelotitas) y merkén (ají seco en vaina tostado, semilla de cilantro, sal y pimienta) (respuesta cerrada: sí, no). La encuesta se aplicó en comunas donde se concentra la población mapuche (Santiago, Puente Alto, La Florida, La Pintana, principalmente) entre agosto y octubre de 2008, posterior a la validación del cuestionario mediante un pretest con el 10% de la muestra. La realización del estudio fue aprobada por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera.

### Análisis estadístico

Los resultados de frecuencia de consumo de distintos tipos de alimentos fueron analizados con Tablas de Contingencia según la etnia del consumidor y grado de aculturación y, el estadístico  $\chi^2$  de Pearson (23). Se aplicó la prueba no paramétrica para dos muestras independientes correspondiente a la U de Mann-Whitney (23), para determinar potenciales diferencias significativas en el gasto mensual en diferentes grupos de alimentos y bebidas entre personas mapuche y no mapuche. Para determinar la magnitud de la asociación entre el consumo de los diferentes grupos de alimentos y bebidas y la etnia del consumidor se hizo la estimación de riesgo mediante el odds-ratio (OR) (23), considerando como “consume” todas aquellas respuestas diferentes a “no consume”:

$$OR = \frac{\text{Mapuche (Si - consume)} / \text{Mapuche (No - consume)}}{\text{No - Mapuche (Si - consume)} / \text{No - Mapuche (No - consume)}}$$

Se realizó el mismo análisis para determinar la magnitud de la asociación entre el consumo de los diferentes grupos de alimentos y el grado de aculturación de los mapuche, como asimismo respecto del consumo de alimentos tradicionales. Los intervalos de confianza se estimaron al 95% para cada OR (IC<sub>95%</sub>). Se usó el programa estadístico SPSS 16.0.

## RESULTADOS

En la muestra obtenida (n = 400) fue mayor la presencia de mujeres, personas menores de 55 años, de hogares con tres a cuatro integrantes, residentes en sectores urbanos, con educación media completa y educación universitaria completa o más; empleados particulares y del NSE ABC1 (Tabla 1). No obstante la prueba  $\chi^2$  permitió detectar diferencias significativas según el género (P≤0,05), tamaño del grupo familiar, educación, ocupación y NSE (P≤0,001) entre las submuestras de personas mapuche y no mapuche (n = 200 cada una). Así, la muestra mapuche presentó mayor proporción de hombres (49,2%), familias con tres a cuatro integrantes (57,3%), con educación básica completa (5,0%) y media completa (42,2%), trabajadores por cuenta propia (24,1%) y del NSE C3 (39,7%). Paralelamente, la muestra mapuche tuvo menor presencia de familias con uno o dos integrantes (20,6%), con educación universitaria completa o más (10,6%), empleados públicos (8,0%) y del NSE ABC1 (23,1%). La persona encargada de decidir las comidas que serán consumidas en el hogar correspondió en mayor proporción a la mujer, seguida por el hombre y la familia en conjunto, sin diferencias significativas atribuibles a la etnia (P>0,1). Sin embargo, al considerar en conjunto las respuestas que señalan al hombre, el matrimonio y la familia en conjunto, resulta destacable que en el 47% de las respuestas de la muestra total se

evidencia participación masculina en la elección de los alimentos. Mediante la escala de aculturación se obtuvo que 36,9% de las personas mapuche es aculturado y 61,6% es bicultural. La proporción de mapuche marginal y no aculturado alcanzó sólo a 2,0% en conjunto. El coeficiente a Cronbach obtenido (0,785) permite concluir que la escala de aculturación es fiable (23).

La Tabla 2 presenta la frecuencia de consumo total y según etnia de los grupos de alimentos y bebidas consultados. En la muestra total predominó el consumo diario de pan (93,5%); azúcar, café, té (92,2%); y de aceite, mantequilla y margarina (82,8%). En el caso de leche, queso y huevos; frutas; verduras y tubérculos se observó en mayor proporción consumo diario (53,2%; 48,8% y 64,8%; respectivamente), pero seguido de una frecuencia de consumo de dos a tres veces por semana (39,8%; 43,0% y 30,8%; respectivamente). Las principales frecuencias de consumo de bebidas fueron diaria y dos a tres veces por semana, pero los porcentajes fueron inferiores a los anteriores grupos de alimentos (30,8% y 28,0%). Mientras el consumo de carne y cereales fue preferentemente dos a tres veces por semana (64,8 y 62,2%, respectivamente), el consumo de pescados y mariscos fue ocasional (48,2%). La mayor proporción de encuestados indicó no consumir hierba mate (51,8%), mientras 17,7% señaló ocasionalmente. La mayor proporción de personas no va a comer a restaurantes (46,2%), correspondiendo principalmente a una práctica ocasional (36,0%). La prueba  $\chi^2$  permitió observar diferencias significativas según etnia en las frecuencias de consumo de carne (P≤0,05), cereales, hierba mate, bebidas gaseosas y comidas en restaurantes (P≤0,001). En el caso de la carne, la proporción de personas no mapuche que consume este alimento dos a tres veces por semana (72,1%) fue mayor a la muestra total, caso contrario el de las personas mapuche (57,3%) que en mayor porcentaje indicó consumir carne una vez por semana (26,1%). La proporción de personas que consume cereales y pastas en forma diaria fue superior en los no mapuche (16,9%), mientras en los mapuche fue mayor el consumo una vez por semana (30,2%). Respecto a la hierba mate, se obtuvo una elevada proporción de personas no mapuche que no la consumen (69,7%), siendo superior a la muestra total los porcentajes de mapuche que la consumen en forma diaria (20,6%) y dos a tres veces por semana (16,6%). En relación a las bebidas gaseosas, se obtuvo mayor proporción de personas no mapuche que las consumen en mayor proporción dos o tres veces por semana (35,8%) y una vez por semana (33,3%), mientras los mapuche lo hacen en mayor medida una vez por semana (10,6%) y ocasionalmente (29,6%). En relación a las comidas en restaurantes, fue mayor la proporción de personas mapuche (55,3%) que no concurre a estos locales, mientras en los no mapuche se obtuvo mayor presencia de encuestados que van dos a tres veces por semana (9,0%) y en forma semanal (12,9%). Los valores OR, tomando como referencia las personas no mapuche, indicarían que los

mapuche tienen una probabilidad mayor de consumir hierba mate y bebidas gaseosas ( $OR > 1$ ), pero inferior de consumir pan, cereales y pastas, pescados y mariscos; azúcar, café, té; y comer en restaurantes ( $OR < 1$ ). No obstante, no se obtuvo asociación entre el consumo de pan, cereales y pastas; azúcar, café y té; y bebidas gaseosas y la etnia del consumidor. Diferente fue el caso de la hierba mate, en el cual es posible afirmar que los mapuche tienen una probabilidad mayor de consumirla ( $OR = 4,419$ ;  $IC_{95\%}$  (2,900; 6,734)), que los no mapuche. Lo contrario ocurre con las comidas en restaurantes, es decir los mapuches tienen una probabilidad menor de ir a estos locales ( $OR = 0,485$ ;  $IC_{95\%}$  (0,325; 0,724)), que los no mapuche en la Región Metropolitana. Con el objetivo de evaluar la relevancia del NSE sobre la

asociación de la etnia con los alimentos en que se obtuvieron diferencias significativas en la frecuencia de consumo según el origen étnico (cereales, carne, hierba mate, bebidas y comidas en restaurantes), se hizo la estimación de riesgo a igual NSE. Debido a la baja frecuencia del nivel D en las submuestras y muestra total, las personas de este segmento fueron consideradas en conjunto con las del NSE C3. Los valores OR no fueron significativos en la mayoría de los alimentos, excepto en el caso de la hierba mate en C2 ( $OR = 6,316$ ;  $IC_{95\%}$  (2,695; 14,799)) y en los grupos C3 y D en conjunto ( $OR = 9,542$ ;  $IC_{95\%}$  (4,175; 21,808)). Esto indica que en estos NSE los mapuche tienen superior probabilidad de consumir hierba mate que los no mapuche, no así en los NSE alto y medio-alto.

TABLA 1  
Descripción porcentual de la muestra. Región Metropolitana, Chile. Octubre de 2008

Característica	Muestra total	Mapuche	No mapuche	P	
Género	Masculino	44,2	49,2	39,3	0,045
	Femenino	55,8	50,8	60,7	
Edad	Menores de 35 años	45,0	42,2	47,8	0,205
	35-54 años	42,2	42,2	42,3	
	55 años o más	12,8	15,6	10,0	
Tamaño de la familia	1 – 2 integrantes	28,0	20,6	35,3	0,000
	3 – 4 integrantes	45,5	57,3	33,8	
	5 ó más integrantes	26,5	22,1	30,8	
Zona de residencia	En una gran ciudad	98,8	98,0	99,5	0,217
	En una pequeña ciudad	0,8	1,5	0	
	En un pueblo rural	0,5	0,5	0,5	
	Sin estudios	0,5	0,5	0,5	
Educación	Básica incompleta	1,0	1,0	1,0	0,000
	Básica completa	2,8	5,0	0,5	
	Media incompleta	5,2	4,5	6,0	
	Media completa	33,2	42,2	24,4	
	Técnica incompleta	11,0	11,1	10,9	
	Téc. completa o univ. inc.	22,5	25,1	19,9	
	Univ. completa o más	23,8	10,6	36,8	
Ocupación	Trabaja por cuenta propia	19,5	24,1	14,9	0,000
	Empresario	3,0	1,5	4,5	
	Empleado particular	53,8	53,8	53,7	
	Empleado público	13,5	8,0	18,9	
	Jubilado	5,0	5,0	5,0	
	Busca trabajo	3,8	6,5	1,0	
Nivel socioeconómico	Otra situación laboral	1,5	1,0	2,0	0,000
	ABC1	38,5	23,1	53,7	
	C2	26,8	29,6	23,9	
	C3	29,5	39,7	19,4	
	D	5,2	7,5	3,0	
Persona que decide las comidas que se prepararán en el hogar	Marido	18,0	16,6	19,4	0,967
	Mujer	50,8	50,8	50,7	
	Matrimonio en conjunto	13,5	14,1	12,9	
	Familia en conjunto	15,5	16,5	14,5	
	Servicio doméstico	1,0	1,0	1,0	
Aculturación bidireccional $\alpha = 0,785$	Otros	1,2	1,0	1,5	
	Aculturado		36,9		
	Marginal		0,5		
	No aculturado		1,0		
	Bicultural		61,6		

Valor P corresponde a la significancia asintótica (bilateral) obtenida en Prueba  $\chi^2$  de Pearson.

TABLA 2  
Frecuencia de consumo de distintos alimentos (%), muestra total y según etnia en la Región Metropolitana, Chile.  
Octubre de 2008

Grupo de alimentos	Muestra	Frecuencia de consumo <sup>1</sup>					P
		No consume	Diario	Dos a tres veces por semana	Una vez por semana	Ocasional	
Pan	Total	1,2	93,5	4,0	0,8	0,5	0,301
	Mapuche	1,5	95,5	2,5	0,5	0	
	No Mapuche	1,0	91,5	5,5	1,0	1,0	
Cereales y pastas	Total	0,5	12,5	62,2	22,2	2,5	0,000
	Mapuche	0,5	8,0	60,3	30,2	1,0	
	No Mapuche	0,5	16,9	64,2	14,4	4,0	
Carne	Total	0,2	15,0	64,8	18,8	1,2	0,003
	Mapuche	0	15,6	57,3	26,1	1,0	
	No Mapuche	0,5	14,4	72,1	11,4	1,5	
Pescados y mariscos	Total	4,5	1,8	11,8	33,8	48,2	0,055
	Mapuche	5,5	1,0	12,6	27,1	53,8	
	No Mapuche	3,5	2,5	10,9	40,3	42,8	
Leche, queso, huevos	Total	0,2	53,2	39,8	5,0	1,8	0,419
	Mapuche	0	50,8	43,2	5,0	1,0	
	No Mapuche	0,5	55,7	36,3	5,0	2,5	
Aceites, mantequilla y margarina	Total	0,5	82,8	14,5	1,0	1,2	0,431
	Mapuche	0	83,9	14,6	1,0	0,5	
	No Mapuche	1,0	81,6	14,4	1,0	2,0	
Frutas	Total	0	48,8	43,0	4,8	3,4	0,191
	Mapuche	0	46,8	44,7	6,5	2,0	
	No Mapuche	0	50,7	41,3	3,0	5,0	
Verduras y tubérculos	Total	0	64,8	30,8	3,0	1,5	0,338
	Mapuche	0	67,3	29,1	3,0	0,5	
	No Mapuche	0	62,2	32,3	3,0	2,5	
Azúcar, café, té	Total	0,8	92,2	5,8	0,8	0,5	0,892
	Mapuche	1,0	91,5	6,5	0,5	0,5	
	No Mapuche	0,5	93,0	5,0	1,0	0,5	
Hierba mate	Total	51,8	13,8	9,5	7,2	17,7	0,000
	Mapuche	33,7	20,6	16,6	9,5	19,6	
	No Mapuche	69,7	7,0	2,5	5,0	15,9	
Bebidas gaseosas	Total	12,0	30,8	28,0	7,8	21,4	0,000
	Mapuche	11,6	25,6	22,6	10,6	29,6	
	No Mapuche	12,4	35,8	33,3	5,0	13,4	
Restaurantes	Total	46,2	4,2	5,0	8,5	36,0	0,000
	Mapuche	55,3	4,0	1,0	4,0	35,7	
	No Mapuche	37,3	4,5	9,0	12,9	36,3	

Valor P corresponde a la significancia asintótica (bilateral) obtenida en Prueba Chi<sup>2</sup> de Pearson.

Respecto al gasto mensual realizado en distintos alimentos y bebidas (Tabla 3), los resultados de la U de Mann-Witney indican diferencias significativas entre personas mapuche y no mapuche en el gasto total y en la mayoría de los grupos de alimentos en favor de las personas no mapuche, excepto en el gasto asociado a bebidas ( $P > 0,1$ ). Cabe señalar, que si bien no se detectaron diferencias significativas según etnia en el gasto realizado en bebidas, el valor gastado por las personas mapuche fue levemente superior a los no mapuche. Aunque los valores absolutos de gasto de la muestra mapuche fueron

inferiores a la media total y a la correspondiente a los no mapuche en la mayoría de los grupos de alimentos, la distribución porcentual respecto al gasto total indica que destinan una proporción levemente mayor de su presupuesto a la compra de carne, abarrotes; azúcar, café, té y hierba mate y bebidas, que los encuestados no mapuche. Considerando la marcada diferencia en el nivel socioeconómico de las submuestras mapuche y no mapuche, se realizó un análisis similar para determinar diferencias en el gasto según etnia a igual NSE (Tabla 4). Mientras en el NSE ABC1 no se

observaron diferencias según el origen étnico ( $P > 0,1$ ), en el NSE C2 sólo se observaron diferencias significativas en el gasto total en alimentos con un mayor valor medio en las personas no mapuche ( $P \leq 0,05$ ). En los estratos C3 y D se obtuvieron

diferencias significativas correspondientes a un mayor valor medio de gasto de los no mapuche en el total de alimentos, pan, pescados y mariscos ( $P \leq 0,001$ ), carne, leches y productos lácteos, abarrotes y, frutas y verduras ( $P \leq 0,05$ ).

TABLA 3  
Gasto mensual en distintos alimentos para el hogar (US\$) y proporción respecto al gasto total (%) según etnia en la Región Metropolitana, Chile. Octubre de 2008

Grupo de alimentos	Muestra	Frecuencia de consumo <sup>1</sup>					P
		No consume	Diario	Dos a tres veces por semana	Una vez por semana	Ocasional	
Pan	Total	1,2	93,5	4,0	0,8	0,5	0,301
	Mapuche	1,5	95,5	2,5	0,5	0	
	No Mapuche	1,0	91,5	5,5	1,0	1,0	
Cereales y pastas	Total	0,5	12,5	62,2	22,2	2,5	0,000
	Mapuche	0,5	8,0	60,3	30,2	1,0	
	No Mapuche	0,5	16,9	64,2	14,4	4,0	
Carne	Total	0,2	15,0	64,8	18,8	1,2	0,003
	Mapuche	0	15,6	57,3	26,1	1,0	
	No Mapuche	0,5	14,4	72,1	11,4	1,5	
Pescados y mariscos	Total	4,5	1,8	11,8	33,8	48,2	0,055
	Mapuche	5,5	1,0	12,6	27,1	53,8	
	No Mapuche	3,5	2,5	10,9	40,3	42,8	
Leche, queso, huevos	Total	0,2	53,2	39,8	5,0	1,8	0,419
	Mapuche	0	50,8	43,2	5,0	1,0	
	No Mapuche	0,5	55,7	36,3	5,0	2,5	
Aceites, mantequilla y margarina	Total	0,5	82,8	14,5	1,0	1,2	0,431
	Mapuche	0	83,9	14,6	1,0	0,5	
	No Mapuche	1,0	81,6	14,4	1,0	2,0	
Frutas	Total	0	48,8	43,0	4,8	3,4	0,191
	Mapuche	0	46,8	44,7	6,5	2,0	
	No Mapuche	0	50,7	41,3	3,0	5,0	
Verduras y tubérculos	Total	0	64,8	30,8	3,0	1,5	0,338
	Mapuche	0	67,3	29,1	3,0	0,5	
	No Mapuche	0	62,2	32,3	3,0	2,5	
Azúcar, café, té	Total	0,8	92,2	5,8	0,8	0,5	0,892
	Mapuche	1,0	91,5	6,5	0,5	0,5	
	No Mapuche	0,5	93,0	5,0	1,0	0,5	
Hierba mate	Total	51,8	13,8	9,5	7,2	17,7	0,000
	Mapuche	33,7	20,6	16,6	9,5	19,6	
	No Mapuche	69,7	7,0	2,5	5,0	15,9	
Bebidas gaseosas	Total	12,0	30,8	28,0	7,8	21,4	0,000
	Mapuche	11,6	25,6	22,6	10,6	29,6	
	No Mapuche	12,4	35,8	33,3	5,0	13,4	
Restaurantes	Total	46,2	4,2	5,0	8,5	36,0	0,000
	Mapuche	55,3	4,0	1,0	4,0	35,7	
	No Mapuche	37,3	4,5	9,0	12,9	36,3	

Valor P corresponde a la significancia asintótica (bilateral) obtenida en Prueba U de Mann-Witney

TABLA 4  
Gasto mensual en distintos alimentos para el hogar (US\$) según etnia a igual nivel socioeconómico en la Región Metropolitana, Chile. Octubre de 2008

Grupo de alimentos		Nivel socioeconómico						
		ABC1			P	C2		
		Total	Map.	No Map.		Total	Map.	No Map.
Total alimentos	Media	260,3	238,7	260,3	0,242	187,5	163,5	217,0
	Mediana	248,8	172,3	248,8		191,4	172,3	220,1
Pan	Media	24,4	23,1	24,9	0,274	19,9	15,5	25,3
	Mediana	19,1	15,3	19,1		13,4	12,4	14,6
Carne (vacuno, cerdo, pollo, etc.)	Media	45,8	45,7	45,8	0,856	30,3	27,0	34,3
	Mediana	35,9	34,5	38,3		27,3	25,8	28,7
Pescados y mariscos	Media	17,6	17,3	17,8	0,372	7,2	5,9	8,7
	Mediana	11,5	9,1	11,5		5,0	4,8	5,7
Leche y otros lácteos	Media	36,1	33,0	37,4	0,083	26,1	21,9	31,3
	Mediana	28,7	27,7	28,7		19,1	18,4	20,3
Abarrotes (cereales, legumbres, conservas)	Media	49,2	42,6	52,0	0,231	42,3	38,1	47,5
	Mediana	38,3	31,4	45,9		38,3	37,3	41,2
Frutas y verduras	Media	41,5	35,6	44,0	0,244	33,1	29,4	37,7
	Mediana	29,9	28,9	36,4		29,1	27,3	38,3
Azúcar, café, té, hierba mate	Media	18,8	17,7	19,3	0,398	15,7	14,2	17,4
	Mediana	14,4	14,1	15,3		11,5	9,6	13,4
Bebidas	Media	18,7	23,6	16,5	0,051	12,9	11,5	14,6
	Mediana	11,5	13,3	9,6		9,6	6,7	11,2

Grupo de alimentos		C3 y D				
		P	Total	Map.	No Map.	P
Total alimentos	Media	0,045	185,5	170,9	215,9	0,000
	Mediana		191,4	167,5	229,7	
Pan	Media	0,537	14,8	13,2	14,8	0,001
	Mediana		13,4	11,5	13,4	
Carne (vacuno, cerdo, pollo, etc.)	Media	0,109	33,6	31,9	33,6	0,039
	Mediana		28,7	26,6	28,7	
Pescados y mariscos	Media	0,207	8,1	6,0	8,1	0,000
	Mediana		5,7	4,2	5,7	
Leche y otros lácteos	Media	0,426	24,8	22,6	24,8	0,009
	Mediana		24,9	23,0	24,9	
Abarrotes (cereales, legumbres, conservas)	Media	0,288	40,2	37,1	40,2	0,011
	Mediana		38,3	34,5	38,3	
Frutas y verduras	Media	0,134	34,1	30,4	34,1	0,004
	Mediana		33,5	28,7	33,5	
Azúcar, café, té, hierba mate	Media	0,495	15,3	15,0	15,3	0,264
	Mediana		13,4	12,9	13,4	
Bebidas	Media	0,092	14,5	14,8	14,5	0,179
	Mediana		8,6	7,3	8,6	

Valor P corresponde a la significancia asintótica (bilateral) obtenida en Prueba U de Mann-Witney

Map: Mapuche No Map: No Mapuche

Considerando los mapuche ( $n = 200$ ), se observaron diferencias significativas en la frecuencia de consumo de frutas, hierba mate ( $P \leq 0,05$ ) y comidas en restaurantes ( $P \leq 0,001$ ) según el grado de aculturación del individuo (Tabla 4). Así, la proporción de mapuche aculturados que consume frutas en forma diaria fue superior a la muestra total (64,4%), caso contrario el de los biculturales (35,8%) que en mayor medida consumen frutas dos o tres veces por semana (56,9%) solamente. Las diferencias en la frecuencia de consumo de hierba mate se debieron al mayor porcentaje de mapuche aculturados que no la consume (45,2%), mientras en la frecuencia de comidas en restaurantes se explican por el superior porcentaje de biculturales que no va a estos locales (72,4%) respecto de los aculturados (26,0%), quie-

nes van en mayor proporción lo hacen en forma diaria (11,0%) u ocasional (54,8%). Este análisis no consideró los resultados correspondientes a las personas mapuche clasificadas como “marginal” y “no aculturado” debido a la baja representatividad en la muestra. Los valores OR e  $IC_{95\%}^*$  tomando como referencia los mapuche biculturales, permiten concluir que el grado de aculturación está significativamente asociado al hecho de consumir o no hierba mate ( $OR = 0,463$ ,  $IC_{95\%}^*$  (0,252; 0,850)) y acudir o no a restaurantes ( $OR = 7,440$ ,  $IC_{95\%}^*$  (3,863; 14,327)). Así, es posible señalar que los mapuche aculturados presentan una probabilidad menor de consumir hierba mate ( $OR < 1$ ), pero superior de acudir a comer a restaurantes ( $OR > 1$ ) que los mapuche biculturales.

TABLA 5  
Frecuencia de consumo de distintos alimentos (%) según grado de aculturación de consumidores de la etnia mapuche en la Región de La Araucanía, julio de 2008

Grupo de alimentos	Frecuencia de consumo <sup>1</sup>					P	OR <sup>2</sup>	Inf.	IC <sub>95%</sub> Sup.
	0	1	2	3	4				
<b>Pan</b>									
Aculturado	0	97,3	2,7	0	0	0,978	0,590	0,036	3,580
Bicultural	2,4	94,3	2,4	0,8	0				
<b>Cereales y pastas</b>									
Aculturado	0	9,6	64,4	24,7	1,4	0,908	-	-	-
Bicultural	0,8	7,3	57,7	3,3	0,8				
<b>Carne</b>									
Aculturado	0	20,5	52,1	26,0	1,4	0,874	-	-	-
Bicultural	0	13,0	59,3	26,8	0,8				
<b>Pescados y mariscos</b>									
Aculturado	6,8	1,4	17,8	34,2	39,7	0,447	0,697	0,205	2,372
Bicultural	4,9	0,8	8,9	22,8	62,6				
<b>Leche, queso, huevos</b>									
Aculturado	0	60,3	32,9	5,5	1,4	0,664	-	-	-
Bicultural	0	44,7	49,6	4,9	0,8				
<b>Aceites, mantequilla y margarina</b>									
Aculturado	0	82,2	16,4	0	1,4	0,927	-	-	-
Bicultural	0	84,6	13,8	1,6	0				
<b>Frutas</b>									
Aculturado	0	64,4	24,7	6,8	4,1	0,003	-	-	-
Bicultural	0	35,8	56,9	6,5	0,8				
<b>Verduras y tubérculos</b>									
Aculturado	0	75,3	20,5	2,7	1,4	0,560	-	-	-
Bicultural	0	61,8	35,0	3,3	0				
<b>Azúcar, café, té</b>									
Aculturado	1,4	91,8	5,5	1,4	0	0,892	0,590	0,036	9,580
Bicultural	0,8	91,1	7,3	0	0,8				
<b>Hierba mate</b>									
Aculturado	45,2	21,9	11,0	4,1	16,4	0,046	0,463	0,252	0,850
Bicultural	27,6	18,7	19,5	13,0	21,1				
<b>Bebidas gaseosas</b>									
Aculturado	8,2	35,6	24,7	8,2	23,3	0,525	1,670	0,623	4,479
Bicultural	13,0	20,3	22,8	12,2	30,9				
<b>Restaurantes</b>									
Aculturado	26,0	11,0	2,7	5,5	54,8	0,000	7,440	3,863	14,327
Bicultural	72,4	0	0	3,3	24,4				

<sup>1</sup>0: No consume; 1: Consumo diario; 2: Consumo dos a tres veces por semana; 3: Consumo una vez por semana; 4: consumo ocasional. Valor P corresponde a la significancia asintótica (bilateral) obtenida en Prueba  $\chi^2$  de Pearson. <sup>2</sup> Razón de las ventajas para aculturación (aculturado/bicultural).

La Tabla 6 muestra la proporción de encuestados mapuche que declaró consumir los alimentos tradicionales consultados, dentro de los que destacan las pantrucas (80,5%), seguidas por el merkén, tortillas de rescoldo y charqui (58,5; 57,9 y 55,9%; respectivamente). Los alimentos consumidos por menor proporción de mapuche fueron müllokin, apol y ñachi. La prueba Chi<sup>2</sup> permitió distinguir diferencias significativas en el consumo de la mayoría de los alimentos tradicionales mapuche según el grado de aculturación de las personas ( $P \leq 0,05$  ó  $P \leq 0,001$ ), a excepción del apol y müllokin ( $P > 0,1$ ). Como era de esperar, fue mayor la proporción de mapuche biculturales que consume alimentos tradicionales en la mayoría de los casos, excepto el de la carne de caballo que es consumida en mayor proporción por personas mapuche aculturadas. Los alimentos menos consumidos por los

mapuche aculturados fueron mudai, catutos, apol y müllokin, mientras que no se registró consumo de ñachi. Los alimentos consumidos en menor proporción por los mapuche biculturales fueron apol, ñachi y müllokin. Los valores OR e IC<sub>95%</sub>, tomando en este caso como referencia los mapuche aculturados, permiten indicar que el grado de aculturación está significativamente asociado al consumo de la mayor parte de estos alimentos, excepto apol, ñachi y müllokin. Así, los mapuche biculturales presentaron mayor probabilidad de consumo de mudai, tortillas de rescoldo, catutos, pantrucas, charqui y merkén, que los mapuche aculturados ( $OR > 1$ ), destacando el mudai y los catutos. Por el contrario, los mapuches biculturales presentaron menor probabilidad de consumir carne de caballo que los mapuche aculturados ( $OR < 1$ ).

TABLA 6  
Proporción de consumo de alimentos tradicionales mapuche (%) según grado de aculturación de consumidores de la etnia mapuche en la Región Metropolitana, Chile. Octubre de 2008

Alimento Tradicional	Mapuche (n = 200)	Aculturado	Bicultural	P	OR <sup>1</sup>	IC <sub>95%</sub>	
						Inf.	Sup.
Mudai	14,9	2,7	22,1	0,000	10,089	2,322	43,831
Tortilla de rescoldo	57,9	35,6	71,3	0,000	4,493	2,419	8,346
Catutos o mülrün	22,1	4,1	32,8	0,000	11,382	3,374	38,393
Pantrucas	80,5	69,9	86,9	0,004	2,858	1,384	5,903
Charqui	55,9	43,8	63,1	0,009	2,192	1,214	3,958
Carne de caballo	30,8	41,1	24,6	0,016	0,467	0,251	0,971
Apol	4,6	2,7	5,7	0,334	2,161	0,437	10,693
Ñachi	3,6	0	5,7	0,037	-	-	-
Müllokin	7,7	6,8	8,2	0,733	1,214	0,398	3,703
Merkén	58,5	43,8	67,2	0,001	2,627	1,466	4,772

Valor P corresponde a la significancia asintótica (bilateral) obtenida en Prueba Chi<sup>2</sup> de Pearson. <sup>1</sup> Razón de las ventajas para aculturación (bicultural/aculturado)

## DISCUSION

El reconocimiento de los diferentes grupos o etnias de los países del mundo es un requisito de todo proceso de desarrollo sustentable basado en el respeto a la diversidad y enriquecimiento de las culturas. Ello implica la obligación para toda sociedad multicultural de conocer y determinar las diversas características sociodemográficas, psicosociales y de desarrollo de estos grupos (24). En este sentido el presente estudio aporta al conocimiento de los hábitos de consumo de alimen-

tos del principal pueblo originario en Chile, en condiciones urbanas de la Región Metropolitana de Santiago. Los resultados permiten indicar que en la mayoría de los grupos de alimentos contemplados en las EPF el gasto mensual de las personas mapuche es inferior al correspondiente a las personas no mapuche. A pesar de lo anterior, sólo se observaron diferencias significativas según el origen étnico del consumidor en la frecuencia de consumo de algunos grupos de alimentos (cereales y pastas; carne, hierba mate, bebidas gaseosas y comidas en restaurantes). Según el grado de aculturación de las

personas de origen mapuche los resultados fueron similares, al existir diferencias en la frecuencia de consumo solo de tres grupos (frutas, hierba mate y comidas en restaurantes). No obstante, el hecho de consumir o no alguno de estos alimentos se encuentra asociado al origen étnico o al grado de aculturación en mapuche sólo en el caso de la hierba mate y de las comidas en restaurantes. Por el contrario, el consumo de la mayoría de los alimentos tradicionales consultados se encuentra asociado al grado de aculturación de la persona mapuche. La excepción correspondió a ñachi, apol y müllokin, los cuales son consumidos por baja proporción de mapuche, independientemente del grado de aculturación.

Así, las diferencias obtenidas según el origen étnico de la persona permiten confirmar la existencia de un proceso de aculturación en los hábitos de alimentación de los mapuche (8 -10, 19) que residen en la Región Metropolitana. Al respecto, si bien la menor frecuencia de consumo de carne en los encuestados mapuche concordaría con las características de la “dieta indígena” (12), este resultado puede estar más asociado a la composición socioeconómica de las submuestras mapuche y no mapuche (mayor proporción de C3 en mapuche), en concordancia con estudios previos que concluyen que los problemas asociados a una alimentación deficiente estarían más asociados a las condiciones sociales y no a la pertenencia étnica (15,16,18). Asimismo, la inexistencia de diferencias significativas en el consumo de pescados y mariscos; leche, queso y huevos; aceites, mantequilla y margarina, frutas, verduras y tubérculos, junto a la menor frecuencia de consumo diario de cereales y pastas en los mapuche, estarían indicando un claro alejamiento de la “dieta indígena” (12). Así se corrobora que la cultura alimentaria es sensible ante factores como el contacto interétnico, estímulos de cambio sociocultural, integración social y aculturación (25). Cabe destacar la asociación entre el origen étnico y el consumo de hierba mate, debido a que este producto no forma parte de la cultura alimentaria tradicional mapuche, sino que constituye una costumbre adquirida en la década los 80-90, como el consumo de hierba mate, azúcar, aceite, fideos y arroz que han reemplazado a los alimentos consumidos tradicionalmente (12). Por otra parte, la asociación entre el origen étnico y la menor proporción de mapuche que concurre a restaurantes, indicaría que a pesar del proceso de aculturación, las personas de esta etnia han sido menos permeables a los cambios ocurridos en los hábitos de consumo de alimentos desde mediados del siglo XX, entre los que destaca el creciente hábito de comer fuera del hogar (26).

Respecto al gasto mensual en alimentos, cabe destacar que los valores medios de la muestra total y según etnia fueron inferiores a los obtenidos en la VI EPF (20) en Santiago (US\$ 313 promedio). Si bien el menor gasto en carne y abarrotes en los hogares mapuche explicaría en parte la menor frecuencia de consumo de estos alimentos, no ocurre así con el resto de

los grupos de alimentos estudiados. Esto asociado al menor gasto total en alimentos por parte de los mapuche, permite sugerir que consumen con la misma frecuencia menor cantidad de alimentos o que éstos son de menor precio y/o calidad. No obstante, nuevamente este resultado puede estar asociado a la composición socioeconómica de las submuestras mapuche y no mapuche, en concordancia con estudios previos en Chile (15, 16, 18) que relacionan los problemas de alimentación deficiente con la mayor proporción de personas en situación de pobreza en la etnia mapuche. En efecto, a igual NSE sólo se verificaron diferencias significativas en hierba mate, con un mayor consumo de los mapuche de los estratos medio-medio, medio-bajo y bajo. En forma similar, prácticamente sólo se obtuvieron diferencias significativas en el gasto en alimentos según etnia en los NSE medio-bajo y bajo (Tabla 4).

En este trabajo sólo se obtuvieron diferencias en la frecuencia de consumo de frutas, hierba mate y comidas en restaurantes, según el grado de aculturación en los mapuche (n = 200). Si bien no fue significativa la asociación entre el consumo de fruta y el grado de aculturación, cabe destacar la mayor proporción de mapuche aculturados que consume en forma diaria este tipo de alimentos (64,4%) respecto de los biculturales (35,8%), quienes en mayor medida consumen frutas dos o tres veces por semana (56,9%). Al respecto, si se considera que la Organización Mundial de la Salud sugiere el consumo diario de frutas y hortalizas (27), es posible sugerir que un mayor grado de aculturación ha sido nutricionalmente beneficioso en personas mapuche que viven en la Región Metropolitana. Por otra parte, las asociaciones significativas entre el grado de aculturación y el consumo de hierba mate y las comidas en restaurantes son congruentes con las definiciones de bicultural (alto grado de involucramiento en ambas culturas) y aculturado (bajo involucramiento en la cultura de origen pero alto en la cultura foránea) de la escala de aculturación utilizada (9). En efecto, los mapuche aculturados presentaron frecuencias de consumo de hierba mate y de asistencia a restaurantes más parecidas a la submuestra de personas no mapuche. Sin embargo, la adquisición de elementos culturales foráneos no conlleva necesariamente la pérdida o reemplazo de la cultura mapuche. Por el contrario, la aculturación de los mapuche parece ser un proceso bidireccional, orientado potencialmente hacia ambas culturas en el cual la adhesión a una cultura tiende a variar con relativa independencia de la adhesión a la otra (9), lo que explicaría que los mapuche biculturales tengan mayor probabilidad de consumir la mayoría de los alimentos tradicionales consultados, en concordancia con estudios que concluyen que una mayor identificación con la cultura originaria afecta positivamente el consumo de alimentos tradicionales (2,5,6). Por el contrario, los mapuche aculturados presentaron mayor probabilidad de consumir carne de caballo, la cual tradicionalmente ha estado ligada a las celebraciones rituales (12). Futuras investigaciones de-

berán profundizar respecto a las ocasiones asociadas al consumo de estos alimentos y causas de no consumirlos. Cabe destacar que los alimentos consumidos por mayor proporción de mapuche, tanto aculturados como biculturales, fueron en general aquellos que tienen una alta penetración en la alimentación chilena, es decir las pantrucas, merkén, tortillas de rescoldo y charqui. Por el contrario, el consumo de apol y ñachi es bajo en los biculturales y prácticamente nulo en los aculturados. Estos resultados pueden estar asociados con la dificultad de preparación y acceso a los alimentos tradicionales, considerando la alta concentración de población mapuche en sectores urbanos (7) congruentemente con la muestra obtenida. Sin embargo, los motivos de las diferencias en el consumo de alimentos tradicionales deberán ser profundizados en futuras investigaciones que incluyan mapuche residentes en distintas zonas del país.

Por tanto, es posible concluir que no existen marcadas diferencias en los hábitos de consumo de los grupos de alimentos que contemplan las EPF según la etnia del consumidor en la Región Metropolitana de Santiago, aunque el gasto mensual en alimentos es menor en los hogares mapuche. Según el grado de aculturación en los mapuche, se observaron menos diferencias en el mismo grupo de alimentos. Los mapuche mantienen prácticas de alimentación tradicionales y adquiridas (hierba mate) asociado al grado de aculturación del individuo.

### AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados corresponden al Proyecto Fondecyt 1080146.

### REFERENCIAS

- Holt SHA, Cobiac L, Beaumont-Smith NE, Easton K, Best DJ. Dietary habits and the perception and liking of sweetness among Australian and Malaysian students: A cross-cultural study. *Food Qual Prefer.* 2000; 11: 299-312.
- Ogden D, Ogden J, Schau HJ. Exploring the impact of culture and acculturation on consumer purchase decisions: toward a macrocultural perspective. *Academy of Marketing Science Review.* 2004. Disponible en: <http://www.amsreview.org/articles/ogden03-2004.pdf> [Conectado mayo de 2009].
- Omar O, Hirst A, Blankson C. Food shopping behaviour among ethnic and non-ethnic communities in Britain. *Journal of Food Products Marketing.* 2004; 10(4): 39-57.
- Laroche M, Kim Ch, Tomuik M, Belisle D. Similarities in Italian and Greek multidimensional ethnic identity: some implications for food consumption. *Canadian Journal of Administrative Sciences.* 2005; 22(2): 143-167.
- Carrus G, Menci AM, Caddeo P. The role of ethnic identity and perceived ethnic norms in the purchase of ethnical food products. *Appetite.* 2009; 52: 65-71.
- Xu J, Shim S, Lotz S, Almeida, D. Ethnic identity, socialization factors, and culture-specific consumption behavior. *Psychology & Marketing.* 2004; 21(2): 93-112.
- MIDEPLAN. Encuesta de caracterización socioeconómica nacional y población indígena CASEN 2003. 2005. Disponible en: [http://www.mideplan.cl/casen/pdf/casen2003\\_poblacionindigena.pdf](http://www.mideplan.cl/casen/pdf/casen2003_poblacionindigena.pdf) [Conectado mayo de 2007].
- Rascheya A, Ripio M. Construcción de una escala de aculturación para niños mapuche. *Educación y Humanidades.* 1997; 5-6: 155-168.
- Saiz JL, Cornejo A, Fuchslocher V, Holzapfel J, Scheel M. La escala de aculturación mapuche: diferenciando la dirección aculturativa de indígenas chilenos. *Revista de Psicología Social y Personalidad* 1998; 14(1): 15-28.
- Carrasco E, Pérez F, Bárbara B, Albala C, Santos JL, Larenas G, et al. Prevalencia de diabetes tipo 2 y obesidad en dos poblaciones aborígenes de Chile en ambiente urbano. *Rev Méd Chil.* 2004; 132(10): 1189-1197.
- Grebe M. Creencia e identidad en la cultura Mapuche: rewe, kultrun y ngillatue. *Lengua y Literatura Mapuche.* 2000; 9: 273-288.
- Ibacache A. "Salud y nutrición en comunidades mapuche de la IX Región", Documento SODECAM N° 3. Temuco, Chile; 1990.
- Franco E, Rodríguez E, Espinoza R. Prevalencia de anemia por déficit de hierro en lactantes mapuches alimentados con leche materna. *Rev Chil de Pediatría.* 1987; 58(5): 361-365.
- Albala C, Vio del Río F, Kain J. Obesidad un desafío pendiente en Chile. *Rev Méd Chil.* 1998; 126: 1001-9.
- Amigo H, Bustos P, Erazo M, Radrigán ME. Comparación del estado nutricional de escolares indígenas y no indígenas. *Rev Méd Chil.* 1999; 127 (8): 903-910.
- García V, Amigo R, Bustos P. Ingesta alimentaria calórica en escolares chilenos de procedencia indígena y no indígena de diferente vulnerabilidad social. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 2002; 52(4): 12-27.
- Ferrari MA, Morazzani F, Pinotti L. Patrón alimentario de una comunidad aborígen de la Patagonia Argentina. *Rev Chil Nutr.* 2004; 31(2): 110-117.
- Mardones F, Mallea R, Villarroel L, Urrutia MT, Rose S, Durán E, et al. Influencias socioeconómicas y étnicas sobre la talla de mujeres chilenas. *Rev Chil Nutr.* 2004; 31(3): 296-304.
- Peredo S, Barrera C. La monoculturización del espacio natural y sus consecuencias socioculturales en una comunidad rural indígena del sur de Chile. *Revista de Antropología Experimental.* 2005; 5.
- INE. Metodología VI Encuesta de presupuestos familiares 2006-2007. Resultados Encuestas de Presupuestos familiares. Nov. 2006-oct. 2007. Disponible en: [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/encuestas\\_presupuestos\\_familiares/2008/resultados\\_EPF\\_2006\\_2007\\_080708a.pdf](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/encuestas_presupuestos_familiares/2008/resultados_EPF_2006_2007_080708a.pdf) [Conectado en diciembre de 2008].
- Fernández A. Investigación y técnicas de mercado. Madrid: Editorial Esic; 2002.
- Adimark. Mapa socioeconómico de Chile. 2004. Disponible en [http://www.adimark.cl/medios/estudios/informe\\_mapa\\_socioeconomico\\_de\\_chile.pdf](http://www.adimark.cl/medios/estudios/informe_mapa_socioeconomico_de_chile.pdf) [Conectado el 20 de octubre de 2005].
- Pérez C. Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos. Madrid: Prentice Hall; 2005.

24. INE. Censo 2002. Resultados Volumen I: Población; País- Región. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago: Gobierno de Chile; 2003.
25. Carrasco S, Kaplan A. Migración, cultura y alimentación. Cambios y continuidades en la organización alimentaria, de Gambia a Cataluña. Cataluña, España: Publicaciones Universitat Autònoma de Barcelona; 1999.
26. Casotti L. He who eats alone will die alone? An exploratory study of the meanings of the food of celebration. *Latin American Business Review*. 2005; 6(4): 69-84.
27. World Health Organization (WHO) study group. Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. WHO Technical Reports Series 797. Geneva: World Health Organization; 1990.

Recibido: 29-07-2009

Aceptado: 13-10-2009

## Efeito do processamento na atividade antioxidante do grão de amaranto (*Amaranthus cruentus* L. BRS-Alegria)

Yara Severino de Queiroz, Rosana Aparecida Manólio Soares, Vanessa Dias Capriles,  
Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres, José Alfredo Gomes Áreas

Departamento de Nutrição. Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo (USP). Brasil

**RESUMO.** As características nutricionais, funcionais e agrícolas do amaranto são responsáveis pelo aumento do interesse por este alimento nas últimas décadas. O grão pode ser cozido, estourado, torrado, extrusado ou moído para ser consumido. Foi avaliado o efeito destes processamentos na atividade antioxidante do grão de amaranto, através das determinações do teor de fenólicos totais e da atividade antioxidante *in vitro* por dois métodos: inibição da oxidação lipídica pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e índice de atividade antioxidante pelo aparelho Rancimat®. Os processamentos reduziram em média o teor de fenólicos totais do grão de amaranto de 31,7 para 22,0 mg de equivalentes de ácido gálico/g de resíduo seco. Observou-se que o extrato obtido por etanol do grão torrado foi o único a apresentar menor índice de atividade antioxidante (IAA) em relação ao grão cru (1,3 v 1,7). Os processos de extrusão, torração e explosão não alteraram a capacidade de inibição da oxidação lipídica (IOL) do amaranto (55%). Já o cozimento aumentou o IOL (79%), o que pode ter ocorrido devido ao maior tempo de processamento sob alta temperatura (100°C/10min). Os métodos mais comuns de processamento do grão de amaranto ocasionaram redução do teor de fenólicos totais, no entanto a atividade antioxidante do estourado e do extrusado, avaliada pelos dois métodos, foi semelhante ao do grão cru. O grão de amaranto tanto cru como processado apresenta potencial antioxidante. Polifenóis, antocianinas, flavonóides, tocoferóis, vitamina C e compostos gerados na reação de Maillard podem estar relacionados à atividade antioxidante deste grão.

**Palavras chave:** *Amaranthus cruentus*, fenólicos totais, atividade antioxidante, processamento.

**SUMMARY.** Effect of processing on the antioxidant activity of amaranth grain. Amaranth has attracted increasing interest over recent decades because of its nutritional, functional and agricultural characteristics. Amaranth grain can be cooked, popped, toasted, extruded or milled for consumption. This study investigated the effect of these processes on the antioxidant activity of amaranth grain. Total phenolic content and *in vitro* antioxidant activity were determined according to two methods: inhibition of lipid oxidation using the  $\beta$ -carotene/linoleic acid system and the antioxidant activity index using the Rancimat® apparatus. The processing reduced the mean total phenolics content in amaranth grain from 31.7 to 22.0 mg of gallic acid equivalent/g of dry residue. It was observed that the ethanol extract from toasted grain was the only one that presented a lower antioxidant activity index compared with the raw grain (1.3 versus 1.7). The extrusion, toasting and popping processes did not change the capacity to inhibit amaranth lipid oxidation (55%). However, cooking increased the inhibition of lipid oxidation (79%), perhaps because of the longer time at high temperatures in this process (100°C/10 min). The most common methods for processing amaranth grain caused reductions in the total phenolics content, although the antioxidant activity of popped and extruded grain, evaluated by the two methods, was similar to that of the raw grain. Both raw and processed amaranth grain presents antioxidant potential. Polyphenols, anthocyanins, flavonoids, tocopherols, vitamin C levels and Maillard reaction products may be related to the antioxidant activity of this grain.

**Key words:** *Amaranthus cruentus*, total phenolics, antioxidant activity, processing.

### INTRODUÇÃO

O grão de amaranto, (*Amaranthus* sp.), apresenta características nutricionais, funcionais e agrícolas responsáveis pelo aumento do interesse por este alimento nas últimas décadas (1).

O *Amaranthus cruentus* L. possui cerca de 4% de cinzas, 8% de lipídios, 15% de proteína, 13% de fibra alimentar e 60% de amido (2-4). O teor protéico e o seu perfil de aminoácidos fazem com que seja uma atrativa fonte protéica,

apresentando conteúdo expressivo de aminoácidos essenciais, especialmente lisina (5%) e aminoácidos sulfurados (4%), que são limitantes na maioria dos grãos utilizados para a alimentação humana (5-8). Também, destacam-se na sua composição os teores de vitaminas e minerais (3). E por ser isento de glúten o seu consumo vem sendo recomendado para celíacos (9). Outros compostos estão presentes em sua composição, como o esqualeno, a fibra alimentar, os tocoferóis, os tocotrienóis, os flavonóides e os compostos fenólicos (10-17), os quais podem apresentar ação antioxidante.

A capacidade antioxidante dos alimentos depende da forma como este é consumido, seja na forma *in natura* ou processado. Kaur e Kappor (18) consideram que o tratamento térmico é a

---

**Agência financiadora:** Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo.

principal causa da alteração do teor de antioxidantes naturais em alimentos. O processamento e os procedimentos para a preservação dos alimentos podem ser responsáveis tanto pelo aumento quanto pelo decréscimo da ação antioxidante, dependendo de muitos fatores, tais como: estrutura química, potencial de oxidação, sua localização na matriz e possíveis interações com outros componentes do alimento (19).

O grão de amaranto pode ser submetido a vários processamentos para ser consumido (4,20). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos processos de cocção, explosão, torração e extrusão na atividade antioxidante *in vitro* do grão de amaranto.

## MATERIAIS E METODOS

### Preparo das amostras

Grãos de amaranto (*Amaranthus cruentus*) foram adquiridos da Embrapa Cerrados (Planaltina-DF). Estes foram processados de quatro formas distintas, de acordo com Bressani (20) com adaptações de Capriles e col. (4). Cocção: foi realizada pela imersão do grão em água em ebulição (100°C) por 10 minutos. Explosão: para estourar, o grão foi submetido ao contato com superfície aquecida a 90°C por 10 a 15 segundos. Torração: foi realizada através de contato com superfície aquecida a 120°C por cerca de 1 minuto. Extrusão: utilizou-se farinha desengordurada (1% de lipídeos base seca) com umidade ajustada para 15%. Foi necessário o desengorduramento prévio para possibilitar a obtenção de um produto aceito sensorialmente, uma vez que os lipídeos presentes no grão de amaranto (7,6%) prejudicam a expansão, a textura e o sabor do extrusado. O processo foi realizado em extrusora de parafuso único com razão de comprimento/diâmetro de 20 e quatro zonas de aquecimento (Inbra 200 – INBRAMAQ, Indústria de Máquinas Ltda, São Paulo, Brazil). As condições foram: velocidade de rotação da rosca em 404 rpm e taxa de compressão de 1:1. As zonas de alimentação e de transição foram mantidas em 25°C e a zona de alta pressão e o orifício de saída em 90°C.

### Obtenção dos extratos

O processo de extração das substâncias presentes nos alimentos pode ocorrer de diversas maneiras, variando tanto o tipo de solvente, quanto a metodologia. No presente estudo, optou-se por trabalhar com o método de extração sequencial utilizado por Nuutila e col. (21), com modificações, utilizando os solventes hexano e etanol, a fim de se obter a extração de compostos de polaridades diversas.

Foram pesados 3 g do grão de amaranto e de seus produtos e adicionados 20 mL de hexano P.A, em seguida, foi realizada agitação por 1 hora (agitador magnético marca Quimis, modelo Q.261.2) e ultrassonificação (marca Elma, modelo Transsonic digital S) por 20 minutos, sendo a amostra posteriormente

filtrada (papel filtro qualitativo marca Nalgon, diâmetro 12,5 cm e porosidade 3 µ). O sobrenadante foi armazenado em balão volumétrico. O resíduo retido no filtro sofreu nova extração com hexano, sendo que o seu sobrenadante foi direcionado para o mesmo balão do anterior. Foram utilizados 10 mL de hexano para lavagem final do resíduo. Os sobrenadantes foram completados para o volume de 50 mL com hexano. O resíduo final da extração com hexano foi ressuspenso em etanol pelo mesmo processo descrito acima, sendo este descartado posteriormente.

Os extratos foram transferidos para frascos âmbar, sob atmosfera de nitrogênio e armazenados à -20°C até o momento das análises.

### Determinação do teor de resíduo seco dos extratos

A quantificação do resíduo seco dos extratos foi determinada pelo método gravimétrico. Para isso, 2 mL do extrato foram transferidos para vidro relógio, previamente tarado, e este foi colocado em estufa à 105°C, por 16 horas, seguido de resfriamento em dessecador e pesagem, sendo a operação repetida até peso constante, obtendo então o resíduo seco em mg/mL de extrato (22).

### Quantificação de compostos fenólicos

A determinação do teor de compostos fenólicos presentes nos extratos de amaranto e nos seus produtos foi realizada pelo método desenvolvido por Genovese e col. (23), com reagente Folin-Ciocalteu. Foram adicionados a cada tubo de ensaio 0,25 mL do extrato, 2 mL de água destilada e 0,25 mL de solução de Folin-Ciocalteu 1:10. Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 3 minutos. Foi então adicionado 0,25 mL de solução saturada de carbonato de sódio e o tubo agitado. Os tubos de ensaio foram deixados em repouso em banho-maria a 37°C durante 30 minutos. A absorbância foi lida a 750 nm em espectrofotômetro (marca Shimadzu, modelo TCC-240A).

O ácido gálico foi utilizado como padrão. Os resultados obtidos foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por grama de resíduo seco (mg EAG/g).

### Avaliação da atividade antioxidante

#### Inibição da oxidação lipídica pelo aparelho Rancimat®

A inibição da oxidação lipídica utilizando o aparelho Rancimat® requer equipamento simples e pode ser utilizado como um método para determinar a atividade antioxidante, através de diversos substratos como a gordura vegetal hidrogenada e os óleos comestíveis. O lipídio é exposto a uma corrente de ar seco ou de oxigênio, a uma temperatura de 100 a 140°C, e o progresso das curvas de oxidação decorrente pode ser seguido pela determinação periódica do índice de peróxido. Estas curvas compreendem uma fase de

indução, onde não se forma praticamente nenhum dos produtos secundários da oxidação, e uma fase de oxidação, durante a qual há uma grande elevação no índice de peróxido e detecção de produtos voláteis (principalmente ácido fórmico). A adição de um antioxidante resulta na inibição da oxidação (24).

Para avaliar a capacidade protetora das amostras de amaranto utilizou-se o aparelho Rancimat® 743, marca Metrohm, conectado ao programa PC: 743 Rancimat 1.0, onde foi medido o período de indução da oxidação lipídica da gordura vegetal hidrogenada contendo o extrato obtido por hexano e o obtido por etanol (24). Os extratos (2 mg de resíduo seco/mL) foram colocados nos tubos do Rancimat® e evaporados sob atmosfera de nitrogênio. Em seguida 3 g de gordura vegetal hidrogenada sem antioxidante foram adicionados em cada tubo e a mistura homogeneizada por 15 minutos em ultrasonificador. Depois, com a programação de temperatura de 110°C,  $\Delta T = 1,5^\circ\text{C}$ , fluxo de ar de 20 L/h, os tubos foram acoplados ao aparelho Rancimat®, até que a curva de condutividade em relação ao tempo de indução (TI) fosse finalizada para se calcular o Índice de Atividade Antioxidante (IAA). Um controle foi também preparado com a gordura vegetal hidrogenada sem antioxidante. Os resultados foram expressos como Índice de Atividade Antioxidante (IAA), calculado pela fórmula:

$$\text{IAA} = \frac{\text{TI amostra}}{\text{TI controle}}$$

onde: TI amostra = tempo de indução (h) da gordura vegetal hidrogenada + extrato contendo a amostra. TI controle = tempo de indução (h) da gordura vegetal hidrogenada.

#### Inibição da oxidação lipídica pelo sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoléico

A determinação da atividade antioxidante pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Marco (25) e modificada por Miller (26). Como substrato, foi utilizado a emulsão de  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico. Em 28  $\mu\text{L}$  da solução de  $\beta$ -caroteno (concentração de 20 mg de  $\beta$ -caroteno/mL de clorofórmio) foram adicionados 28  $\mu\text{L}$  de ácido linoléico e 200 mg de Tween 40 (emulsificante). Em seguida, o clorofórmio foi evaporado sob atmosfera de nitrogênio e acrescentados 140 mL de água oxigenada (água destilada tratada com oxigênio por 30 minutos).

No tubo de ensaio, 5 mL desta solução foi adicionada a 1 mL dos extratos diluídos (2 mg de resíduo seco/mL). Após homogeneização, a leitura foi feita em espectrofotômetro a 470 nm, sendo esta a leitura do tempo zero. Os tubos foram colocados em banho-maria (50°C) e a cada 15 minutos foi realizada leitura, até atingir o tempo de 2 horas. O controle

foi preparado da mesma forma, porém para este no lugar da amostra foi adicionado 1 mL de etanol.

A oxidação do  $\beta$ -caroteno, obtida pelas medidas espectrofotométricas, indica a velocidade de transformação desse composto sob condições oxidantes (oxigênio e temperatura). Para o cálculo da porcentagem da inibição da oxidação lipídica (%IOL) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\% \text{IOL} = 100 - \frac{(\text{absorbância inicial da amostra} - \text{absorbância final da amostra})}{(\text{absorbância inicial do controle} - \text{absorbância inicial do controle})} \times 100$$

#### Análise estatística

Resultados foram expressos como média e desvio padrão de três determinações. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância de um fator (ANOVA one-way). Diferenças entre as médias foram determinadas pelo teste de Tukey. A análise estatística foi realizada com o auxílio do software SPSS 13.0 (SPSS Institute Inc., Cary, NC), adotando-se o nível de significância de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Apenas os extratos obtidos por etanol foram utilizados para a análise de fenólicos totais, uma vez que soluções de polaridade intermediária – avançada são mais efetivas para extração destes compostos (27) (Tabela 1).

TABELA 1

Fenólicos totais do extrato obtido por etanol do grão de amaranto e de seus produtos em relação ao resíduo seco

Amaranto	Resíduo Seco (mg/mL)	Fenólicos totais (mg EAG* /g de resíduo seco)
Grão (GR)	1,35	31,7 $\pm$ 3,32 <sup>b</sup>
Extrusado (EX)	0,45	22,34 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup>
Torrado (TO)	0,50	20,3 $\pm$ 2,88 <sup>a</sup>
Estourado (ES)	1,17	22,73 $\pm$ 1,60 <sup>a</sup>
Cozido (CZ)	0,97	24,10 $\pm$ 0,68 <sup>a</sup>

\* Equivalentes de ácido gálico

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ )

Os valores de fenólicos totais em relação ao resíduo seco constam na tabela 1. Observa-se que o grão (GR) apresenta maior quantidade destas substâncias em relação aos seus produtos ( $p < 0,05$ ). Não foram observadas diferenças entre extrusado (EX), torrado (TO), estourado (ES) e cozido (CZ). No produto estourado, pode-se observar que o solvente etanol extraiu 1,17 mg de substâncias em cada mL de extrato e apresentou 22,73 mg EAG/g de resíduo seco. Este mesmo solvente extraiu apenas 0,54 mg de substâncias/mL no produto

extrusado, no entanto, apresentou o mesmo teor de fenólicos totais do produto estourado. Foi verificado que nem todas as substâncias extraídas dos produtos de amaranto são compostos fenólicos. (Tabela 2).

TABELA 2

Índice de atividade antioxidante (IAA), utilizando o aparelho Rancimat®, do extrato obtido por hexano e obtido por etanol do grão de amaranto e seus produtos

Amaranto	IAA* do extrato obtido por hexano	IAA* do extrato obtido por etanol
Grão (GR)	1,08 ± 0,10 <sup>a</sup>	1,67 ± 0,15 <sup>b</sup>
Extrusado (EX)	1,07 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,54 ± 0,05 <sup>ab</sup>
Torrado (TO)	1,05 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,31 ± 0,06 <sup>a</sup>
Estourado (ES)	1,07 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,48 ± 0,04 <sup>ab</sup>
Cozido (CZ)	0,99 ± 0,10 <sup>a</sup>	1,61 ± 0,17 <sup>b</sup>

\* IAA = tempo de indução (h) da amostra / tempo de indução (h) do controle

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa entre as amostras (p < 0,05)

Observa-se na Tabela 2 que os extratos obtidos por hexano não apresentaram atividade antioxidante, uma vez que valores de IAA destas amostras foram iguais ou inferiores a 1,0. Já os extratos obtidos por etanol foram capazes de inibir a oxidação lipídica dos substratos. GR, ES, EX, CZ não apresentaram entre si valores estatisticamente diferentes de IAA. (Tabela 3).

TABELA 3

Inibição da oxidação lipídica (IOL), pelo sistema β-caroteno/ácido linoléico, do extrato obtido por etanol do grão de amaranto e seus produtos

Amaranto	IOL do extrato obtido por etanol (%)
Grão (GR)	55,42 ± 3,10 <sup>ab</sup>
Extrusado (EX)	66,69 ± 0,11 <sup>bc</sup>
Torrado (TO)	60,80 ± 11,70 <sup>ab</sup>
Estourado (ES)	49,34 ± 4,98 <sup>a</sup>
Cozido (CZ)	79,52 ± 4,56 <sup>c</sup>

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa (p < 0,05)

A inibição da oxidação lipídica (IOL) foi determinada apenas para o extrato obtido por etanol, uma vez que as amostras apresentaram um alto teor de lipídios, impossibilitando a realização desta análise no extrato obtido por hexano.

De acordo com a tabela 3 verifica-se que a cocção

ocasionou aumento da IOL. Os processos de extrusão, explosão e torração não ocasionaram alteração destes valores.

## DISCUSSÃO

Os resultados de fenólicos totais representados na Tabela 1 indicam que os processamentos térmicos utilizados na obtenção destes produtos alteraram a estrutura do grão de amaranto, o que acarretou em maior susceptibilidade destes compostos à oxidação (28). É possível que alguns produtos de oxidação, mesmo permanecendo como compostos fenólicos, não possam ser detectados por esta metodologia (28).

Embora este método seja o mais utilizado para quantificação de compostos fenólicos em alimentos, o reagente Folin-Ciocalteu é capaz de interagir com outros compostos não fenólicos, o que pode resultar em valores superestimados de fenólicos totais (29). O ácido ascórbico presente no grão de amaranto (cerca de 69 mg/100 g) assim como os fenólicos, também reage com Folin-Ciocalteu (30), e pode da mesma forma ter sua estrutura modificada pelo tratamento térmico (31). Outro composto que pode reagir com o Folin-Ciocalteu é a proteína (32), que representa 15% do grão de amaranto.

Klimczak e col. (33) encontraram 39,17 mg de fenólicos totais/100 g no *Amaranthus caudatus*, enquanto neste estudo foram encontrados 65,93 mg de fenólicos totais/100 g no *Amaranthus cruentus*. Provavelmente a divergência observada se deve as diferenças entre as espécies e as condições ambientais. Gamel (34) em estudo sobre a influência do tratamento térmico verificou que o conteúdo de fenólicos do *A. caudatus* e do *A. cruentus* foi reduzido quando comparado ao grão cru, dados que condizem com este estudo. Porém encontrou menores valores no cozido comparado ao estourado, sendo que o mesmo não ocorreu no presente estudo. Isso provavelmente se deve ao tempo de cozimento do estudo de Gamel (34), mais de quinze minutos.

O teor de fenólicos totais presentes no grão de amaranto é superior ao descrito para aveia, trigo e ervilha (35).

Os valores de IAA dos extratos de hexano indicam que provavelmente os compostos antioxidantes não foram extraídos por este solvente ou, ainda, estes compostos não agiriam de forma eficiente a ponto de evitar a oxidação dos lipídios do substrato (gordura vegetal hidrogenada) somados aos lipídios presentes na amostra.

Apesar do IAA do extrato de etanol para as amostras GR, ES, EX, CZ não diferirem entre si, o teor de fenólicos totais (Tabela 1) destas amostras é diferente. Sugere-se que outras substâncias presentes no grão de amaranto, além dos compostos fenólicos, contribuíram para a atividade antioxidante observada (13, 14, 33). A redução dos valores de IAA no TO se deve provavelmente à perda de compostos

termolábeis, uma vez que este processamento a seco expõe a amostra a temperaturas elevadas por um período mais prolongado que o ES e EX.

Em relação ao IOL observado após a cocção, supõe-se que o aumento tenha ocorrido devido a uma maior concentração dos compostos com atividade antioxidante, com a solubilização em água de compostos com baixa atuação antioxidante; ou ainda, pode ter ocorrido a formação ou a liberação de compostos não fenólicos que atuam na inibição da oxidação lipídica.

Encontram-se na literatura valores de atividade antioxidante pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico para o *A. hypocondriacus* de 26% (13), para o *A. cruentus* e *A. hybridus* de 26 e 25%, respectivamente (33). Nsimba e col. (14) observaram proteção de 66% e 70% da oxidação do  $\beta$ -caroteno ocasionada pelas substâncias presentes nos extratos obtidos por etanol de duas variedades de *A. cruentus*. Estes valores são mais próximos aos encontrados no presente estudo. A diferença entre os valores reportados pode ser decorrente dos diferentes métodos de extração utilizados, bem como a variedade do grão e as condições climáticas. O critério utilizado para escolher o melhor método e solvente foi aquele que apresentou o maior teor de fenólicos totais e o melhor resultado de atividade antioxidante (21). Foi constatado neste estudo que a maioria dos compostos que apresentam atividade antioxidante são mais solúveis em solventes polares, como o etanol, que em solventes apolares, como o hexano. No trabalho de Ozsoy e col (11) foi constatado que os solventes mais polares (metanol e água) extraíram mais compostos fenólicos e conseqüentemente apresentaram melhor atividade antioxidante quando comparado com o extrato menos polar (acetato de etila) de *Amaranthus lividus*.

Apesar da redução do teor de fenólicos ocasionada pelos diferentes processamentos, a atividade antioxidante (IOL) do grão de amaranto praticamente se manteve, assim como ocorreu no IAA. Nsimba e col. (14) observaram que o teor de fenólicos e atividade antioxidante do grão de amaranto tiveram diferentes valores e foram fracamente correlacionados. Outros constituintes poderiam ser responsáveis pela atividade antioxidante deste grão. Polifenóis, antocianinas, flavonóides, tocoferóis, tocotrienóis e vitamina C têm sido associados à atividade antioxidante deste grão (13-17); assim como os compostos gerados na reação de Maillard. Novas investigações visando à identificação e a quantificação destes componentes, bem como a sua estabilidade frente aos processos utilizados para viabilizar o consumo do grão de amaranto devem ser realizadas.

Verifica-se que no teste utilizando o aparelho Rancimat® a atividade antioxidante dos extratos do CZ e do GR foram semelhantes. Estes dois produtos apresentaram os maiores IAA, porém todos os extratos etanólicos demonstraram potencial antioxidante.

O produto CZ apresentou os melhores resultados de atividade antioxidante, tanto para o teste Rancimat®, quanto para o sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico. Porém, a ordem de grandeza da atividade antioxidante dos demais produtos não foi semelhante comparando-se estes dois testes. Vale ressaltar a importância de se utilizar vários métodos para avaliar a capacidade antioxidante de um alimento, pois cada teste avalia um mecanismo diferente de proteção. A atividade antioxidante do grão de amaranto também foi constatada através do uso de outros métodos, como por exemplo, o DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) e o FRAP (poder antioxidante de redução do ferro) (14,17).

Os resultados obtidos neste trabalho em ambos os testes indicam a elevada atividade antioxidante do extrato obtido por etanol do grão de amaranto cru e de seus produtos.

## CONCLUSÃO

Todos os processamentos reduziram o teor de fenólicos totais. Porém, os processos de explosão, torração e extrusão do grão de amaranto não reduziram a atividade inibitória da oxidação quando comparados ao grão cru através do ensaio do  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico. No ensaio com aparelho Rancimat® observou-se que apenas a torração ocasionou menor inibição da oxidação em relação à matéria-prima.

O grão de amaranto tanto cru como processado apresenta potencial antioxidante. Polifenóis, antocianinas, flavonóides, tocoferóis, vitamina C, assim como os compostos gerados na reação de Maillard podem estar associados à atividade antioxidante deste grão.

## REFERÊNCIAS

1. Ferreira TAPC, Matias ACG, Arêas JAG. Nutritional and functional characteristics of Amaranth (*Amaranthus* spp.). *J Brazilian Soc Food Nutr.* 2007; 32(2): 91-116.
2. Escudero NL, Arellano MLD, Luco JM, Giménez MS, Mucciarelli SI. Comparison of the chemical composition and nutritional value of *Amaranthus cruentus* flour and its protein concentrate. *Plants Foods for Human Nutr.* 2004; 59(1): 15-21.
3. Gamel TH, Linszen JP, Mesallam AS, Damir AA, Shekib LA. Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: oil, sugars, fibers, minerals and vitamins. *J Sci Food Agric.* 2006; 86(1): 82-89.
4. Capriles VD, Coelho KD, Guerra-Matias AC, Arêas JAG. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index. *J Food Sci.* 2008; 73(7): H160-H164.
5. Becker R, Wheller LE, Lorenz K, Stafford AE, Grosjean OK, Betschart AA, Saunders RM. A compositional study of amaranth grain. *J Food Sci.* 1981; 46(4): 1175-1180.
6. Betschart AA, Wood ID, Shepherd AD, Saunders RM. *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of

- nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *J Food Sci.* 1981; 46(4): 1181-1187.
7. Bressani R, Martell ECMD, Godínez CMD. Protein quality evaluation of amaranth in adult humans. *Plants Foods Human Nutr.* 1993; 43(2): 123-143.
  8. Mendonça S, Saldiva PH, Cruz RJ, Arêas JAG. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. *Food Chem.* 2009; 116(3): 738-742.
  9. Kupper C. Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenter.* 2005; 128 (4 suppl 1): 121S-127S
  10. Qureshi AA, Lehman JW, Peterson DM. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. *J Nutr.* 1996; 126(8): 1972-1978.
  11. Grajeta H. Effect of amaranth and oat bran on blood serum and liver lipids in rats. *Nahrung.* 1999; 43(2): 114-117.
  12. Plate AYA, Arêas JAG. Cholesterol – lowering effects of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chem.* 2002; 76(1): 1-6.
  13. Czerwinski J, Bartnikowska E, Leontowicz H, Lange E, Leontowicz M, Katrich E, et al. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J Nutr Biochem.* 2004; 15(10): 622-629.
  14. Nsimba RY, Kikuzaki H, Konishi Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. *Food Chem.* 2008; 106(2): 760-766.
  15. Kalinova J, Dadakova E. Rutin and total quercetin content in amaranth (*Amaranthus* spp.). *Plant Foods Hum Nutr.* 2009; 64(1):68-74.
  16. Ozsoy N, Yilmaz T, Kurt O, Can A, Yanardag R. In vitro antioxidant activity of *Amaranthus lividus* L. *Food Chem.* 2009; 116(4): 867-872.
  17. Pasko P, Barton H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Folta M, Zachwieja Z. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chem.* 2009; 115(3): 994-998.
  18. Kaur C, Kapoor HC. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. *Int J Food Sci Technol.* 2001; 36(7): 703-725.
  19. Nicoli MC, Anese M, Parpinel NT. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Sci Technol.* 1999; 10(3): 94-100.
  20. Bressani R. Amaranth: the nutritive value and potential uses of the grain and by products. *Food Nutr Bulletin.* 1998; 10(2): 49-59.
  21. Nuutila AM, Puupponen-Pimia R, Aarni M, Oksman-Caldentey K-M. Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. *Food Chem.* 2003; 81(4): 485-493.
  22. AOAC - Association of official analytical chemists. Official methods of analysis. 16th ed. Arlington (USA): AOAC; 1995.
  23. Genovese MI, Santos RJ, Hassimotto NMA, Lajolo FM. Determinação do conteúdo de fenólicos totais em frutas. *Braz J Phar Sci.* 2003; 39(3): 167-169.
  24. Antolovich M, Prenzler PD, Patsalides E, McDonald S, Robards, K. Methods for testing antioxidant activity. *The Analyst.* 2002; 127(1): 186-198.
  25. Marco CJ. A simplified method for the evaluation of antioxidants. *J Am Oil Chem Soc.* 1968; 45: 594.
  26. Miller HE. A simplified method for the evaluation of antioxidants. *J Am Oil Chem Soc.* 1971; 48(2): 91.
  27. Liyana-Pathirana C, Shahidi F. Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. *Food Chem.* 2005; 93(1): 47-56.
  28. Yao LH, Jiang YM, Caffin B, Arcy BD, Datta N, Liu X, et al. Phenolic compounds in tea from Australian supermarkets. *Food Chem.* 2006; 96(4): 614-620.
  29. Vinson JA, Su X, Zibik L, Bose P. Phenol Antioxidant Quantity and Quality in Foods: Fruits. *J Agric Food Chem.* 2001; 49(11): 5315-5321.
  30. Prakash D, Joshi BD, Pal M. Vitamin C in leaves and seed oil composition of the *Amaranthus* species. *Int J Food Sci Nutr.* 1995; 6(1): 47-51.
  31. Stephane G, Peierre B, Pascaline A, Marie JA. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *J Agric Food Chem.* 2005; 53(5): 1370-1373.
  32. Ghale S, Otto K, Bohn V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *J Agric Food Chem.* 2003; 51(27): 7962-7968.
  33. Klimczak I, Malecka M, Nahrung PB. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. *Cell Biochem Funct.* 2002; 46(3): 184-186.
  34. Gamel TH, Linszen JP, Mesallam AS, Damir AA, Shekib LA. Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. *J Sci Food Agric.* 2006; 86(7):1095-1102
  35. Gorinstein S, Vargas O J M, Jaramillo N O, Salas I A, Ayala A L M, Arancibia-Avila P, et al. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *Eur Food Res Technol.* 2007; 225(3-4): 321-328.

Recibido: 26-08-2008

Aceptado: 11-08-2009

## Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal

Castillo V.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J.

Instituto Tecnológico de Durango, CINVESTAV-Querétaro, México

**RESUMEN.** Se evaluó el efecto de la concentración de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) y tiempo de cocción del grano de maíz sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas durante la nixtamalización tradicional. Se observó que a mayor concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y mayor tiempo de cocción del grano, la temperatura de gelatinización aumentó significativamente. El maíz nixtamalizado con 2 g/100g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y 60 min de tiempo de cocción, presentó mayor absorción de calcio, 0.152 g/100g, mostrando un aumento significativo respecto a la concentración inicial ( $\approx 500$  g/100g). Todas las muestras presentaron un patrón de difracción de rayos X de almidón tipo A, con diferencias en la intensidad de la difracción. La viscosidad aparente del nixtamal disminuyó considerablemente al utilizar condiciones de procesamiento más altas. Se encontró que la capacidad de retención de agua aumentó con la temperatura.

**Palabras clave:** Nixtamalización, almidón, gelatinización.

**SUMMARY.** Effect of calcium hydroxide concentration and cooking time of corn grain (*Zea mays* L.) nixtamalized, over physicochemical and rheological nixtamal characteristics. The effect of calcium hydroxide ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) concentration and cooking time on physicochemical and pasting properties of maize, during traditional nixtamalization was evaluated. It was observed that the higher the  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  concentration and cooking time the higher the gelatinization temperature. Grain samples treated with 2 g/100g of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  and 60 min of cooking time presented higher calcium absorption (0.152 g/100g) showing a significant increment ( $\approx 500$  g/100g). Results of X-ray diffraction showed that all the samples had X-ray diffraction pattern of starch type A, showing differences in the intensity of the diffraction as indicated by the percentage of crystallinity. The apparent viscosity of the nixtamal considerably decreased when the processes conditions were higher. Water retention capacity increased with temperature.

**Key words:** Nixtamalization, starch, gelatinization.

### INTRODUCCION

La nixtamalización del maíz es un proceso pre-colombino que consiste en cocer el grano de maíz en una solución alcalina usando hidróxido de calcio y actualmente utilizado para preparar tortillas de buena calidad y otros productos alimenticios elaborados a partir del maíz como son: harinas instantáneas de maíz nixtamalizado, tacos, botanas como chips de maíz y tortilla chips (1-3). Este proceso consiste en el cocimiento del grano de maíz con suficiente agua (1 kilogramo de maíz por 2-3 litros de agua), con álcali, preferentemente  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , a temperatura menor a la de ebullición, por 30-60 minutos. El grano se deja reposar entre 12-14 horas en la solución (nejayote), el nixtamal resultante es lavado de 2-4 veces para eliminar el exceso de cal, el nixtamal obtenido es molido en un molino de piedras para obtener la masa (4).

Esta técnica de cocimiento alcalino, sirve para suavizar el grano de maíz y permite que las tortillas tengan mayor calidad nutricional comparada con el maíz crudo, por los cambios químicos de los nutrientes que en él ocurren (5). Se ha establecido que el proceso de nixtamalización es selectivo para las proteínas del maíz, ya que durante el cocimiento, la zeína,

proteína deficiente en lisina y triptófano, y que es una proteína nutricionalmente pobre, disminuye su solubilidad, mientras que la glutelina que tiene un mayor valor nutricional aumenta su solubilidad y con ello la disponibilidad de los aminoácidos esenciales (6,7). Después de la nixtamalización, la lisina y el triptófano, se incrementan en 2.8 veces, y la relación de isoleucina a leucina aumenta 1.8 veces (8). Lo anterior indica que el proceso de nixtamalización incrementa el balance de aminoácidos esenciales, agregándole más valor nutricional a las proteínas. Los cambios en composición química son el resultado de pérdidas de ciertas estructuras físicas del grano así como también de compuestos químicos, inducidos por el agua, el pH alcalino de cocción, el tiempo de cocción y remojo y las temperaturas aplicadas (9,10). Durante el cocimiento del grano se llevan a cabo reacciones bioquímicas, entrecruzamientos e interacciones moleculares que modifican tanto las características fisicoquímicas, estructurales y reológicas de la masa, como las propiedades estructurales y de textura de la tortilla producida (11). Estos cambios, se deben principalmente a modificaciones que ocurren en la estructura del almidón (4).

El calcio desempeña un papel importante durante la nixtamalización del grano de maíz. El tratamiento con cal facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el reposo, controla la actividad microbiana, mejora el sabor, aroma, color, vida de anaquel y el valor nutricional de las tortillas (12). La cantidad de calcio incorporado al grano durante el proceso de nixtamalización, tanto en el pericarpio, endospermo y germen es muy importante porque la interacción entre el hidróxido de calcio y los diferentes componentes del grano determinan las características fisicoquímicas y sensoriales de los productos elaborados a partir de masa de maíz (13). Se realizaron estudios enfocados a la absorción del calcio después de someter el maíz al proceso de nixtamalización (14), los autores indicaron que el calcio se incorpora al grano de maíz durante la nixtamalización, enlazándose con el almidón y aumentando aproximadamente tres veces la cantidad de calcio unido al almidón, en relación al calcio determinado en muestras sin nixtamalizar.

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue comparar algunas propiedades fisicoquímicas y reológicas de nixtamal obtenido obtenido bajo diferentes condiciones de procesamiento.

## MATERIALES Y METODOS

### Maíz

Maíz (*Zea mays L.*) variedad CAFIME, tradicionalmente usado para la elaboración de tortillas fue obtenido en la región de Durango, México (cosecha 2006). El maíz fue almacenado en condiciones de refrigeración (4°C) antes de la nixtamalización.

### Caracterización del grano

Los componentes proximales fueron determinados por los métodos de la AOAC (15); humedad (Método 925.09), cenizas (Método 923.03); grasa cruda o extracto etéreo (Método 920.39); nitrógeno total por el método micro-Kjeldahl (Método 954.01) usando 6,25 como factor de conversión para el cálculo de proteína; Almidón total por el método enzimático 76-13 (AACC 2000), usando amilogucosidasa/á-amylasa (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow Ireland) (16). Los análisis se realizaron por triplicado.

### Proceso de nixtamalización

El maíz CAFIME fue cocinado en una relación grano:agua de 1:3 por 30, 45 y 60 min a 92°C con una concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  de 1, 1.5 y 2 g/100g. Después del cocimiento, el maíz se dejó en reposo en el nejayote por 12 horas, posteriormente el nejayote se drenó y el nixtamal se lavó dos veces para eliminar el exceso de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y pericarpio, y así obtener el nixtamal, el cual se molió en un molino de piedras comercial para la obtención de la masa.

La masa se deshidrató en un secador de charolas con capacidad para 5 kg, las condiciones de secado fueron a 70°C por 4 horas para obtener un contenido de humedad en el rango de 9-12% (base húmeda). La masa seca fue molida para obtener harina fina con un tamaño de particular de 250  $\mu\text{m}$  usando malla N° 60 (Mont Inox USA), a la harina obtenida, se le llevó a cabo las siguientes determinaciones: contenido de calcio, capacidad de retención de agua, viscosidad aparente, porcentaje de cristalinidad y temperatura de gelatinización.

## Determinaciones fisicoquímicas

### Contenido de calcio

La concentración de calcio fue evaluada por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica de doble flama (2280 Perkin Elmer) equipado con una lámpara de deuterio. El equipo fue operado con 12 psi de aire seco, 70 psi de acetileno, flama de 422.7 nm de acuerdo al método 968.08 AOAC (15).

### Capacidad de retención de agua (CRA)

Fue determinado de acuerdo al método propuesto por Bryant y Hamaker (17). En este procedimiento 5 ml de agua deionizada fueron añadidos a 0.25 g de muestra previamente pesada en tubos de centrifuga. Los tubos fueron calentados a 60, 70, 80 y 90°C por 15 min, agitándolos vigorosamente cada 5 min. Después, los tubos fueron centrifugados a 1000 rpm por 15 min. Se decantó el sobrenadante, inclinado los tubos a un ángulo de 45° por 10 min. Los tubos fueron pesados y el incremento en peso fue usado para calcular la CRA en porcentaje.

### Viscosidad aparente

Se determinó mediante un analizador de viscosidad (RVA) (Newport Scientific Pty, Australia), para determinar la viscosidad aparente en nixtamal en función de la temperatura. El contenido de humedad de las muestras fue determinado y ajustado en base a 14% (base húmeda). Se usaron 4 g de muestra para el análisis, adicionando agua destilada hasta obtener un peso constante total de agua y muestra de 28 g. Las palas rotatorias del equipo fueron conectadas por dos minutos y la suspensión mantenida a 50°C para estabilizar la temperatura y asegurar una dispersión uniforme; posteriormente se aumentó la temperatura de la suspensión a 92°C a una velocidad constante de 5.6°C por minuto y finalmente se enfrió a 50°C en 7.5 min (18).

### Difracción de rayos-X y porcentaje de cristalinidad

Para estas determinaciones se utilizó un difractor de rayos-X, marca RIGAKU, modelo Dmax2100. Se tomaron muestras de material molido. Se colocaron en el portamuestras y se hizo el barrido desde 20 hasta 60° en la escala de  $2\theta$ . Para obtener el porcentaje de cristalinidad se obtuvo el área total bajo la curva de difracción incluyendo los picos, y se

restó el área correspondiente a la difracción no-coherente. El área de los picos del maíz crudo se consideró como el 100% de cristalinidad (4).

### Calorimetría diferencial de barrido

Se determinó con un calorímetro modelo DSC550, Instrument Specialists Incorporated, previamente calibrado con Indio. La muestra (2 mg), se pesó directamente en las cápsulas de aluminio, se añadió agua deionizada con una microjeringa para obtener una suspensión entre 65% y 75% de humedad (base seca). Después de sellar las charolas de aluminio con la muestra se dejaron equilibrar 15 min a temperatura ambiente y se calentaron en el equipo desde 30-120°C a una velocidad programada de 10°C/min. En todas las corridas se utilizó una charola vacía como referencia (19).

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con ANOVA mediante el uso de la tecnología GLM (Modelo lineal generalizado), y posteriormente sometidos a la prueba de Duncan y Tuckey para determinar diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las muestras mediante el software estadística version 6.0. (20)

## RESULTADOS

La composición química del maíz fue: contenido de humedad  $9.4 \pm 0.24\%$ , cenizas,  $1.25 \pm 0.13\%$ , proteína  $6.36 \pm 0.11\%$ . En cuanto al contenido de grasa se encontró un valor de  $5.18 \pm 0.16\%$ . El contenido de almidón encontrado fue de  $62.44 \pm 0.18\%$ .

### Contenido de calcio

La Tabla 1 muestra el contenido de calcio en el nixtamal en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y tiempo de cocción del grano para muestras cocidas a 92°C y 12 horas de tiempo de reposo usando un proceso de nixtamalización tradicional. El contenido de calcio en la muestra control (sin nixtamalizar) fue 0.030% (p/p), llegando a un máximo de 0.152% (p/p) en muestras tratadas con 2 g/100g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a 60 min de tiempo de cocinado del grano (un incremento aproximado de  $\approx 500\%$  en el contenido de calcio).

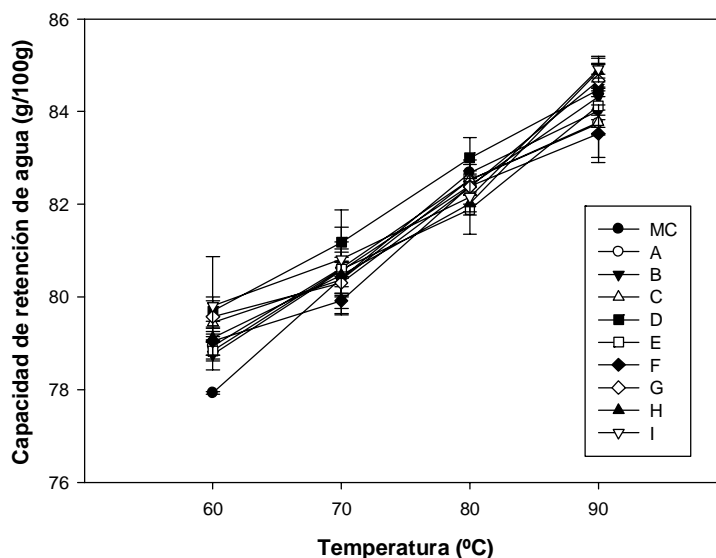
TABLA 1  
Concentración de calcio a distintas concentraciones de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y tiempos de cocinado del grano

Concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (g/100g)	Tiempo (min)	Contenido de calcio (g/100g)	Incremento en el contenido de calcio (%)
1	30	0.112 $\pm$ 0.0002a	373.33
1	45	0.121 $\pm$ 0.0002b	403.33
1	60	0.133 $\pm$ 0.0016c	443.33
1.5	30	0.105 $\pm$ 0.0014d	350.00
1.5	45	0.124 $\pm$ 0.0002eb	413.33
1.5	60	0.140 $\pm$ 0.0001f	466.66
2	30	0.128 $\pm$ 0.0019e	426.66
2	45	0.145 $\pm$ 0.0002g	483.33
2	60	0.152 $\pm$ 0.0007h	506.66

Índices distintos evidencian diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

FIGURA 1

Capacidad de retención de agua (g/100g) en nixtamal: MC: muestra control, A:1%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 30min, B:1%, 45 min, C:1%, 60min, D:1.5%, 30 min, E:1.5%, 45 min, F: 1.5%, 60 min, G: 2%, 30 min, H:2%, 45 min, I:2%, 60 min.



### Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) para las muestras estudiadas con distintas concentraciones de  $\text{Ca(OH)}_2$  y tiempos de cocción del grano se muestra en la Figura 1. En general, conforme la temperatura se incrementó, los valores de CRA se elevaron, no mostrando un efecto significativo entre las muestras ( $p < 0.05$ ).

### Temperatura de gelatinización

De estos resultados se observa que tanto la concentración de  $\text{Ca(OH)}_2$ , como el tiempo de cocinado del grano ejercen un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la temperatura de gelatinización. Resultados mostrados en la Tabla 2 manifiestan que a mayor concentración de  $\text{Ca(OH)}_2$  y tiempo de cocción del grano la temperatura de gelatinización aumenta, alcanzando la temperatura de gelatinización más alta en aquella donde se usó la mayor concentración de  $\text{Ca(OH)}_2$  y mayor tiempo de cocinado, obteniendo un valor de  $76.9^\circ\text{C}$ .

TABLA 2  
Temperatura de gelatinización en muestras tratadas a distintas concentraciones de  $\text{Ca(OH)}_2$  y tiempos de cocinado del grano

Concentración de $\text{Ca(OH)}_2$ (g/100g)	Tiempo (min)	Temperatura de Gelatinización ( $^\circ\text{C}$ )
1	30	72.4±0.2a
1	45	74.2±1.8ab
1	60	75.1±1.6b
1.5	30	74.6±1.8b
1.5	45	76.0±2.1ac
1.5	60	76.2±3.2ab
2	30	75.6±0.1bc
2	45	76.2±1.2ab
2	60	76.9±0.2bc

Indices distintos evidencian diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )

### Difracción de rayos-X y porcentaje de cristalinidad

En la Figura 2 se presentan los difractogramas de rayos-X y la cristalinidad durante el proceso de nixtamalizado del maíz con 1 g/100g de  $\text{Ca(OH)}_2$  (A), 1.5 g/100g (B) y 2 g/100g (C). Todas las muestras presentaron un patrón de difracción de rayos-X tipo A típico del almidón de maíz. Los picos cristalinos muestran un espaciamiento planar correspondiente similar en 3.3; 3.8; 4.3 y 5.03 Å, pero se encontraron diferencias en la intensidad de la difracción, lo cual se manifestó al calcular la cristalinidad, en donde se observó que al aumentar la

concentración de  $\text{Ca(OH)}_2$  y el tiempo de cocción del grano, la cristalinidad disminuyó. La mayor pérdida de cristalinidad se observó en aquella muestra tratada con 2 g/100g de concentración de  $\text{Ca(OH)}_2$  y 60 min de tiempo de cocción del grano.

### Propiedades de viscosidad

Los resultados de las propiedades de viscosidad del nixtamal obtenido bajo distintas condiciones de procesamiento se presentan en la Tabla 3. En cuanto a la temperatura de pastificado, las muestras presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), observándose que este valor aumentó conforme se incrementó la concentración de  $\text{Ca(OH)}_2$  y el tiempo de cocinado del grano, estos resultados coinciden con aquellos reportados en las determinaciones térmicas realizadas por calorimetría diferencial de barrido en donde las muestras nixtamalizadas mostraron un comportamiento similar al aumentar la concentración de  $\text{Ca(OH)}_2$  y el tiempo de cocción. El valor máximo de viscosidad obtenido a los  $90^\circ\text{C}$  durante el proceso de calentamiento de las muestras por medio de RVA (Rapid Visco Analyzer), se reportó como pico máximo de viscosidad ( $V_{\text{max}}$ ). En la Tabla 3 se observó que la muestra tratada con 1.5 g/100g de  $\text{Ca(OH)}_2$  y 30 min de tiempo de cocción del grano es la que presentó un valor mayor de  $V_{\text{max}}$  (3025.5 cP), y la muestra tratada con 1.5 g/100g de  $\text{Ca(OH)}_2$  y 60 min presentó el valor menor (1630.5 cP). Con excepción de la muestra que obtuvo el valor de  $V_{\text{max}}$ , todas las muestras presentaron valores más bajos respecto al maíz crudo (3010 cP, datos no mostrados), las muestras estudiadas presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellas. De manera general, los valores de viscosidad mínima ( $V_{\text{min}}$ ) de cada una de las muestras presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), la muestra tratada con 1.5 g/100g de  $\text{Ca(OH)}_2$  y 60 min de tiempo de cocinado del grano fue la que obtuvo un valor menor de  $V_{\text{min}}$  (1157.5 cP) y, la muestra con 1.5 g/100g de  $\text{Ca(OH)}_2$  y 30 min de cocción obtuvo el valor más alto (1979 cP).

## DISCUSION

El contenido de proteína en maíz resultó menor que el reportado para maíz blanco y amarillo en donde se encontraron valores de 10.4% y 9.5% respectivamente (21). Resultados encontrados de contenido de grasa fue similar a lo reportado para maíz amarillo QPM 11-368C donde reporta valores de 5.12% (22), y finalmente para el contenido de almidón total el resultado obtenido en este trabajo concuerda con lo reportado para maíces pigmentados (morado y azul) en donde reportan valores entre 60-65% (23).

TABLA 3  
Propiedades de viscosidad en nixtamal. Temperatura de pastificado (TP), viscosidad máxima (Vmax), viscosidad mínima (Vmin), viscosidad Final (Vfin)

Muestra	TP (°C)	Vmax (cP)	Vmin (cP)	Vfin (cP)
1 Ca(OH) <sub>2</sub> , 30	75.50±0.35a	2810.5±47.37a	1841.5±72.83a	4954.5±7.77a
1 Ca(OH) <sub>2</sub> , 45	76.77±0.14b	2281±118.08cd	1573.5±92.58cd	4189.5±74.24cd
1 Ca(OH) <sub>2</sub> , 60	77.20±0.70b	2307.5±48.08dc	1602±27.57cd	4304±60.10d
1.5 Ca(OH) <sub>2</sub> , 30	75.85±0.10a	3025.5±45.45b	1979±21.92b	5370.5±24.74b
1.5 Ca(OH) <sub>2</sub> , 45	77.20±0.07b	2365±44.54de	1567.5±3.53cd	4342±103.23e
1.5 Ca(OH) <sub>2</sub> , 60	78.87±0.28c	1630.5±38.89f	1157.5±28.99e	3050±103.23e
2 Ca(OH) <sub>2</sub> , 30	76.85±0.42b	2161±98.28c	1499.5±70.71c	4088.5±176.77c
2 Ca(OH) <sub>2</sub> , 45	77.4±0.24b	2451.5±27.57ed	1769.5±0.70ad	4841±125.86a
2 Ca(OH) <sub>2</sub> , 60	78.47±0.31c	2175±38.18c	1628.8±26.87d	4388.5±24.74d

Para la columna de muestra: Ca(OH)<sub>2</sub> (g/100g), Tiempo (min)

Indices distintos evidencian diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

### Contenido de calcio

En la Tabla 1, se observó que conforme se incrementa la concentración de Ca(OH)<sub>2</sub> y el tiempo de cocción, la concentración de calcio absorbido fue mayor. Los resultados encontrados en este trabajo, son similares a lo reportado para maíz amarillo en donde al nixtamalizar con 2% de Ca(OH)<sub>2</sub> y 40 min a 92°C, la cantidad de calcio se incrementó de 0.024% a 0.092% (p/p), mostrando un aumento de ≈400% (1). Esto significa que el maíz retiene gran cantidad de calcio durante la cocción, en donde a mayores concentraciones de Ca(OH)<sub>2</sub> y tiempos prolongados de cocimiento ocurre una mayor absorción.

### Capacidad de retención de agua

Resultados de capacidad de retención de agua mostrados en la Figura 1, concuerdan con resultados reportados para maíz comercial nixtamalizado (24), en donde al someter el maíz a un proceso de cocción durante la nixtamalización el almidón pierde estructura, la cual dió como resultado mayor absorción de agua. Esto debido a que un excesivo calentamiento provoca que los gránulos de almidón pierdan su estructura e integridad formando una pasta gelatinizada con mayor índice de absorción de agua. Con esto se pueden obtener masas con mayor adhesividad lo cual dificulta su manejo durante la elaboración de tortillas.

### Temperatura de gelatinización

Valores bajos de temperaturas de gelatinización sugieren condiciones de procesamiento más severas, ya que un tratamiento térmico drástico produce gelatinización del almidón con mayor grado de desorganización. Sin embargo, se reporta que al aumentar la cantidad de Ca(OH)<sub>2</sub> durante el proceso de nixtamalizado, la temperatura de gelatinización aumenta, reportando un incremento en la concentración de

calcio en el proceso, interacciones Ca<sup>++</sup> - almidón pueden producir gránulos con un aumento en su integridad estructural dando como resultado temperaturas de gelatinización más altas (25).

### Difracción de rayos-X y porcentaje de cristalinidad

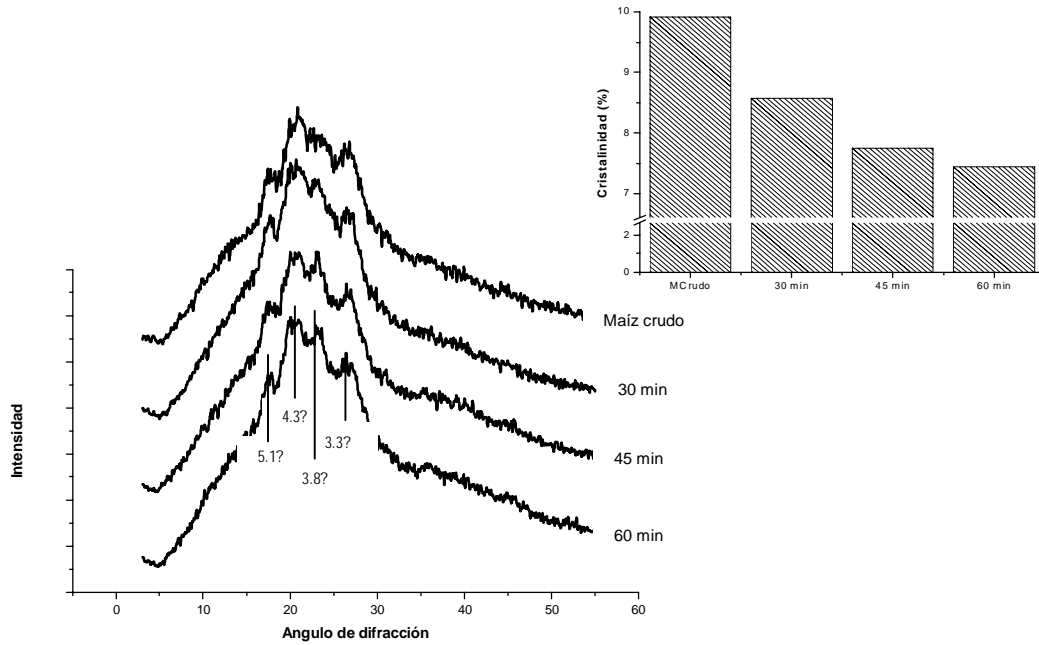
Todas las muestras presentaron un patrón de difracción de rayos-X tipo A típico del almidón de maíz, el cual se caracteriza por un alto grado de ramificación y longitud de cadenas cortas; este tipo de patrón se encuentra principalmente en los cereales (26). Los picos correspondientes a 3.3, 3.8 y 5.03 Å, tienden a disminuir, debido al desarreglo de la estructura cristalina con la cocción del grano de maíz y el de 4.3 Å que corresponde a un almidón del tipo A+V se hace presente en mayor grado. Esto concuerda con lo reportado para grano de maíz nixtamalizado (4), quienes evidencian que al someter un almidón del tipo A en un proceso térmico húmedo este cambia a una estructura del tipo A+V (4). Esta pérdida de estructura puede ser debido a la modificación que sufre el almidón presente durante el proceso de gelatinización, ocasionado por el uso de alta temperatura y tiempos prolongados de cocción empleados en el proceso de nixtamalización.

### Propiedades de viscosidad

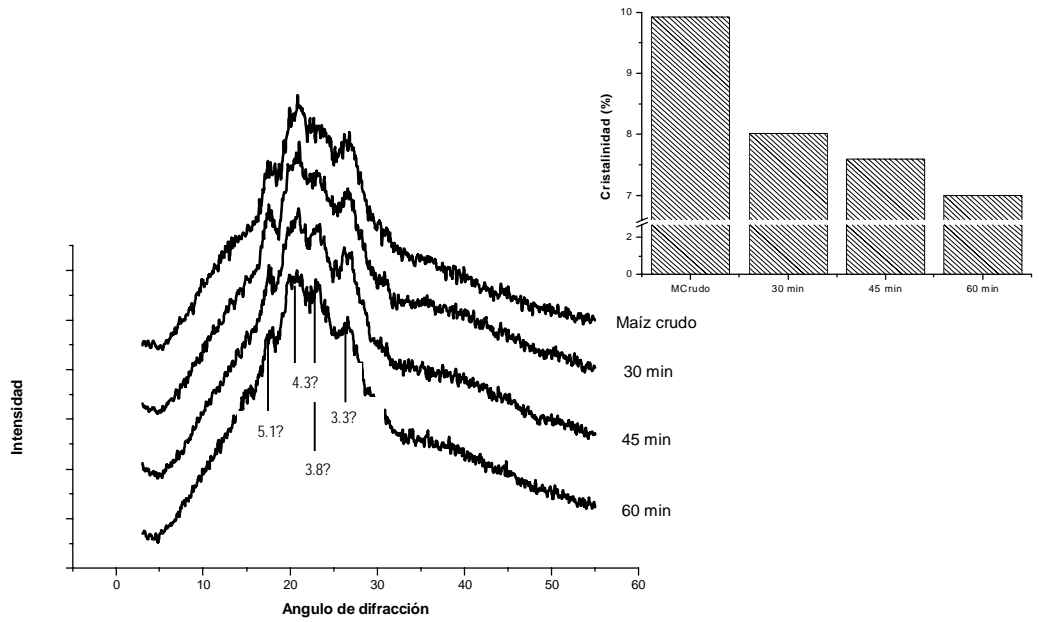
La temperatura de pastificado actúa como un indicativo de la temperatura mínima requerida para cocer la harina (27). Un aumento en la temperatura de pastificado indica que el gránulo de almidón se protege durante el procesamiento debido a un rearrreglo estructural de la molécula de almidón (28,29). Por lo tanto, al obtener temperaturas de pastificado altas, indica que se requiere de mayor energía para calentar los gránulos de almidón que se encuentren intactos. La Vmax esta inversamente relacionada con el grado de gelatinización de los almidones. Un almidón después de gelatinizado no

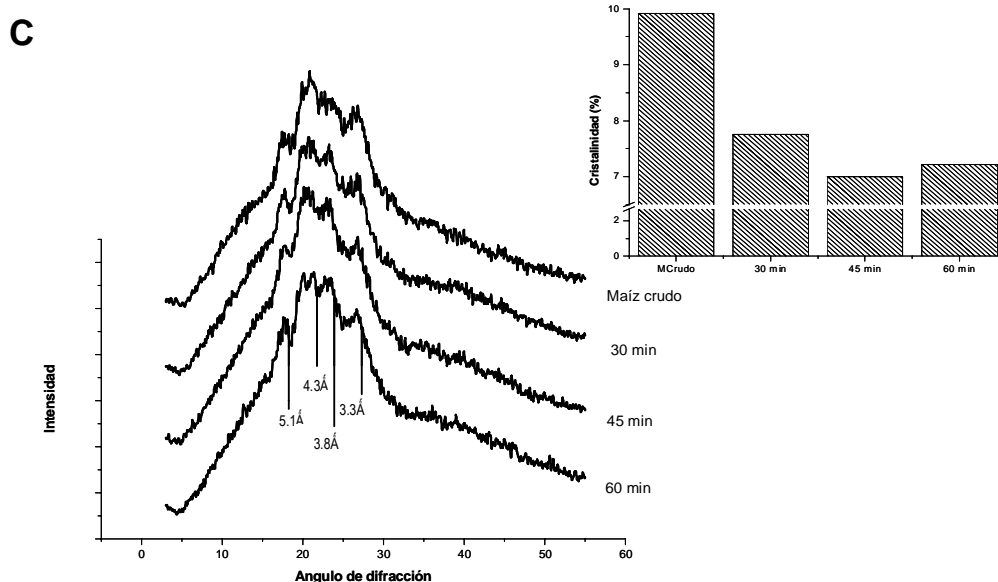
FIGURA 2  
 Difractogramas de rayos-X y cristalinidad del maíz durante el proceso de nixtamalización. A: nixtamal con 1% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , B: nixtamal con 1.5% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , C: nixtamal con 2% de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

**A**



**B**





desarrolla viscosidad, y por el contrario uno nativo tiende a desarrollar la viscosidad a su máxima capacidad (3,4). Los resultados obtenidos de  $V_{max}$  concuerdan con lo reportado para almidones de harinas de maíz crudo y maíz nixtamalizado en donde se analizó el perfil de viscosidad, encontrando diferencias significativas entre ambas muestras, reportándose valores más bajos para maíz nixtamalizado que para maíz crudo (30,31). Estos patrones demuestran que los cambios producidos durante la nixtamalización en el almidón, modifican el comportamiento de los productos nixtamalizados durante el proceso de cocción, debido a que grandes cantidades de las cadenas de amilosa son solubilizadas, siendo baja la contribución de estas moléculas en la viscosidad del sistema analizado, dando como resultado una disminución de la viscosidad (32,33). De acuerdo a los resultados, se observa que altos valores de  $V_{min}$  están asociados con altos valores de  $V_{max}$  y con el grado de hinchamiento de los gránulos de almidón durante el calentamiento (29,31). La viscosidad final ( $V_{fin}$ ) fue afectada significativamente por la temperatura en su término lineal, obteniendo valores más altos de  $V_{fin}$  en aquellas muestras con mayor valor de  $V_{max}$ . Es posible que durante el enfriamiento de la muestras, se llevó a cabo una reasociación de las moléculas de almidón, especialmente entre las cadenas de amilosa, lo cual dió como resultado la formación de un gel y por lo tanto un incremento en la  $V_{fin}$  (32, 34, 35), y de acuerdo a lo reportado, altos valores de  $V_{fin}$  reflejan una gran cantidad de amilosa lixiviada (36).

### CONCLUSIONES

El proceso de nixtamalización, es una técnica ampliamente utilizada en la industria de la elaboración de tortillas, sin

embargo las diferencias en las condiciones de procesamiento afectaron significativamente las propiedades fisicoquímicas del nixtamal, por lo tanto es importante estudiar dichas condiciones para cada tipo de producto.

La difusión de los iones calcio hacia el interior del grano es un proceso lineal debido a la estructura del grano la cual está en función de la concentración de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y del tiempo de cocción durante el proceso de nixtamalización. Las mejores condiciones de procesamiento del nixtamal fueron 1.5 g/100g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  con 30 min de cocción, seguida por el tratamiento de 1.0 g/100g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  con 30 min de cocción, siendo aquellos que presentaron los más altos valores de viscosidad superando inclusive al maíz sin procesar. Estas condiciones permitieron obtener un nixtamal con mayor capacidad de absorción de agua y se espera obtener productos de mejor calidad.

### REFERENCIAS

1. Fernández MJ, Rojas MI, González DM, Leal M, Valtierra ME, San Martín ME, Rodríguez ME. Study of calcium ion diffusion in components of maize kernels during traditional nixtamalization process. *Cereal Chem.* 2004; 81:65-69.
2. Rendón VR, Bello PL, Osorio DP, Tovar J, Paredes LO. Effect of storage in vitro digestibility and resistant starch content of nixtamal, masa, and tortilla. *Cereal Chem.* 2002; 79:340-344.
3. Sahai D, Buendia MO, Jackson DS. Analytical techniques for understanding nixtamalized corn flour particle size and functionality relationships in a masa flour sample. *Cereal Chem.* 2001; 78:14-18.
4. Arámbula VG, Barrón AL, González HJ, Moreno ME, Luna BG. Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays L.*) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano,

- masa y tortilla de maíz. Arch Latinoamer Nutr. 2001; 51(2).
5. Gómez MH, Lee JK, McDonough CM, Waniska RD and Rooney LW. Corn starch changes during tortilla and tortilla chip processing. Cereal Chem. 1992;69:275-279.
  6. Martínez FHE, Figueroa CJD, Martínez BF, González HJ, Rodríguez GME, Banos LAM, Garnica RMG. Physical properties and composition of femur of rat fed with diets based on corn tortillas made from different processes. Int J Food Sci Nutr. 2002;53:155-162
  7. Paredes LO, Schevenin ML, Hernández LD and Cárabez TA. Amaranth starch-isolation and partial characterization. Starch/Starcke. 1989;41:205-207.
  8. Katz EE and Labuza TP. Effect of Water Activity on the Sensory Crispness and Mechanical Deformation of Snack Food Products. J Food Sci. 1981;46:403-409.
  9. Rodríguez ME, Yañez LM, Alvarado GJJ, Vargas U, Sánchez SF, Figueroa CJ. Influence of the structural changes during alkaline cooking on the thermal, rheological and dielectric properties of maize tortillas. Cereal Chem. 1996; 73(5):593-600.
  10. Sefa DS, Cornelius B, Sakyi DE, Ohene AE. Effect of nixtamalization on the chemical and functional properties of maize. Food Chemistry. 2004; 86:317-324.
  11. Bello PL, Osorio DP, Agama AE, Núñez SC, Paredes LO. Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. Agrociencia. 2002; 36:319-328.
  12. Rooney LW and Suhendro EL. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. Cereal Foods World. 1999; 44: 466-470.
  13. Fernández MJL, Rodríguez ME, Pless RC, Martínez FHE, Leal M, Martínez JL and Baños L. Changes in Nixtamalized Corn Flour Dependent on Postcooking Steeping Time. Cereal Chem. 2001; 79(1):162-166.
  14. Trejo González A, Feria Morales A, Wild Altamirano C. The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation. Advances in Chemistry. 1982. Series 198:245-263
  15. AOAC, Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th edition. W. Horowitz and G. W. Latimer Jr. Ed. Association of Analytical Chemists, Maryland USA. 2005.
  16. American Association of Cereal Chemists (A.A.C.C.) Approved Methods of the AACCC. St. Paul, MN. 2000.
  17. Bryant CM and Hamaker BR. Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. Cereal Chem. 1997; 74:171-175.
  18. Gaytán MM, Martínez BF, Morales SE. Aplicación de un proceso de cocimiento dieléctrico en la elaboración de harinas instantáneas de maíz amarillo para preparación de frituras de masa y tortillas. Arch Latinoamer Nutr. 2006; 50(4).
  19. Méndez MG, Solorza FJ, Velázquez VM, Gómez MN, Paredes LO, Bello PL. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. Agrociencia. 2005; 39:267-274.
  20. Statistica for Windows Version 6.0 (R2007a). Computer program manual. Tulsa: StatSoft, Inc. 2007.
  21. Bressani R, Benavides B, Acevedo E, Ortíz MA. 1990. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality protein maize during rural tortilla preparation. Cereal Chem. 2008; 67:515-51.
  22. Gutierrez E, Rojas-Molina I, Pons-Hernandez JL, Guzman H, Agua-Angel B, Arenas J, Fernandez P, Palacios-Fonseca A, Herrera G and Rodriguez ME. Study of calcium diffusion in nixtamalized quality protein maize as a function of cooking temperature. Cereal Chem. 2007; 84:186-194.
  23. Agama AE, Ottenhof MA, Farhat IM, Paredes LO, Ortíz CJ, Bello PL. Efecto de la nixtamalización sobre las características moleculares del almidón de variedades pigmentadas de maíz. Interciencia. 2004; 29(11):1-19.
  24. Campus BO, Burgos EE, Torres ChP, Ramírez WB, Serna SS. Physicochemical changes of starch during maize tortilla production. Starch/Starcke. 1999; 51:173-177.
  25. Cory MB, Hamaker BR. Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. Cereal Chem. 1997; 74:171-175.
  26. Zobel HF, Young SN, Rocca LA. Starch Gelatinization: An X-ray Diffraction Study. Cereal Chem. 1998; 65(6):443-446.
  27. Singh N, Richa B, Rhythm G, Mukti G, Jaghmohan S. Physicochemical, thermal and pasting properties of fractions obtained during three successive reduction milling of different corn types. Food Chemistry. 2009; 113:71-77
  28. Hoover R, Li YX, Hynes G, Senanayake N. Physicochemical characterization of mung bean starch. Food Hydrocolloids. 1997; 11:401-408
  29. Yanika W, Chureerat P, Vilai R. Pasting properties of a heat-moisture treated canna starch in relation to its structural characteristics. Carbohydrate Polymers. 2009; 75:505-511.
  30. Méndez MG, Solorza FJ, Velázquez VM, Gómez MN, Paredes LO, Bello PL. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. Agrociencia. 2005; 39:267-274.
  31. Sefa DS, Cornelius B, Sakyi DE, Ohene AE. Application of response surface methodology for studying the quality characteristics of cowpea-fortified nixtamalized maize. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2003; 4:109-119.
  32. Jiménez HJ, Salazar MJ, Ramos RE. Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. Carbohydrate Polymers. 2007; 68:679-686.
  33. Ragaei S, El-Sayed M, Abdel-Aal. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. Food Chem. 2006; 95:9-18.
  34. Chaunier L, Della Valle G, Lourdin D. Relationships between texture, mechanical properties and structure of cornflakes. Food Research International. 2007; 40:493-503.
  35. Hagenimana A, Ding X and Fang T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. J. of Cereal Science. 2006; 43:38-46.
  36. Méndez MG, Sánchez RM, Paredes LO, Bello PL. Thermal and rheological properties of nixtamalized maize starch. Int J Biol Macromolecules. 2006; 40:59-63.

Recibido: 28-07-2009

Aceptado: 20-10-2009

## Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo

Sila Mary Rodrigues Ferreira, Paola Cordeiro Luparelli, Maria Eliana Madalozzo Schieferdecker, Regina Maria Vilela

Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná, Brasil

**RESUMO.** O sorgo, por ser desprovido de glúten, pode ser utilizado na fabricação de produtos de panificação para indivíduos com Doença Celíaca, que dispõem de poucas alternativas culinárias disponíveis no mercado. Em razão disso, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver *cookies* de chocolate utilizando farinha de sorgo (*Sorghum vulgare*). Foi aplicado o delineamento experimental fator *simplex-lattice* com farinhas isentas de glúten: farinha de sorgo (50-100%), farinha de arroz (0-50%) e amido de milho (0-50%); totalizando dez experimentos. As formulações IX e X foram selecionadas por apresentarem melhores características sensoriais. Foram realizadas análises físicas e químicas da farinha de sorgo, dos *cookies* comerciais com glúten e dos isentos de glúten elaborados neste trabalho. Nas amostras comerciais foram também realizadas análises físicas e sensoriais pela Análise descritiva quantitativa e Escala hedônica. Os resultados das análises físicas e químicas da farinha de sorgo mostraram-se próximos aos preconizados pela legislação. As formulações que apresentaram características sensoriais satisfatórias foram as que continham 58 e 67% de farinha de sorgo, 8 e 17% de farinha de arroz, 33 e 17% de amido de milho, respectivamente. O rendimento das formulações IX e X foi de 0,92 e o volume específico de 1,54 e 1,46cm<sup>3</sup>/g, respectivamente. A maioria dos atributos sensoriais avaliados dos *cookies* com farinha de sorgo em relação ao comercial não apresentou diferença estatística significativa em nível de 5%, com exceção da cor e odor. Cem por cento dos provadores com Doença Celíaca atribuíram valores iguais ou superiores a 7 para ambas as amostras, sendo que a maioria atribuiu valor 8. Os resultados demonstraram a viabilidade do uso da farinha mista com sorgo na elaboração de cookies sem glúten.

**Palavras-chave:** Doença celíaca, cookies sem glúten, farinha de sorgo.

### INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) teve origem provavelmente na África ou na Índia. Nos últimos 50 anos, a área de sorgo plantada no mundo cresceu 60% e o rendimento aumentou em 244% (1). É o quinto cereal na produção mundial, após o trigo, o arroz, o milho e a cevada (2). Na África e Ásia e América Central é o cereal mais consumido (3). Por se desprovido de glúten, o sorgo pode ser substituído ao milho, na confecção de bolos, biscoitos e massas em geral e produção de alimentos para indivíduos celíacos (4).

Conhecida como uma enteropatia induzida por glúten, espru celíaco ou espru não-tropical, a Doença Celíaca – DC é desencadeada em indivíduos geneticamente predispostos, pela

**SUMMARY.** **Gluten free cookies prepared with sorghum flour.**

Considering that sorghum is a gluten free flour, it could be proposed as an ingredient to produce alternative bakery products for the subjects with Celiac Disease, since they do not have many food options available in the market. For this reason, the main goal of this study is to develop chocolate cookies with sorghum flour (*Sorghum vulgare*). The experimental design used was the *simplex-lattice* factor to compare the following variables: sorghum flour (50-100%), rice flour (0-50%) and corn starch (0-50%), totaling up to ten experiments. The formulations IX and X were selected as the ones with the highest sensorial scores. The sorghum flour, regular chocolate cookies and gluten free cookies were submitted to physicochemical analysis. Physical and sensorial analysis using Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and hedonic analysis were performed for the two cookies preparation. Sorghum flour presented characteristics compared with the described by the food regulation laws. The preparations that presented satisfactory sensorial characteristics were the ones that had 58 and 67% of sorghum flour, 8 and 17% of rice flour, 33 and 17% of corn starch, respectively. The performance for both IX and X formulations was 0,92 and the specific volume was 1,54 and 1,46cm<sup>3</sup>/g, respectively. When compared with regular cookies, the differences on most of the sensorial attributes evaluated on sorghum cookies were not statistically significant ( $P < 0.05$ ), except for the color and the odour. All the sensorial scores reached values equal or higher than 7 for both samples and most of them scored 8. The results showed the feasibility of including sorghum flour on the manufacture of gluten free cookies.

**Key words:** Celiac disease, gluten free cookies, sorghum flour.

ingestão do glúten presente no trigo, centeio, cevada, malte e aveia. Pessoas com doença celíaca são sensíveis as prolaminas, chamadas como gliadinas, que estão presentes na fração do glúten desses cereais. Prolaminas são peptídeos resistentes à digestão e estimulam reação imunológica intestinal tanto inata como adaptativa em função de uma resistência transepitelial intestinal diminuída na doença celíaca que resulta na passagem destes peptídeos pela barreira intestinal chegando à lâmina própria e ativando as células imunes do tipo apresentadoras de antígenos (5). Como resultado, em resposta aos antígenos gliadina e glutenina presentes nestas fontes alimentares, ocorre atrofia das vilosidades intestinais, desencadeando uma diminuição da superfície absorptiva e, conseqüentemente, ocasionando diarreia, esteatorreia ou constipação.

A Doença Celíaca tem uma distribuição mundial na Europa, América do Norte, América do Sul, Índia, Austrália e Nova Zelândia com predominância em países anglo-saxônicos, nórdicos e em indivíduos caucasóides, sendo rara em nativos africanos, japoneses ou chineses (6). A prevalência mundial varia entre 1:100 a 1:300 na população adulta saudável (7). No Brasil, estudos entre doadores de sangue demonstraram uma prevalência de 1:681 (8) e 1:214 (9), sugerindo que essa doença não é rara. A doença acomete tanto indivíduos do sexo masculino como feminino, sendo que as mulheres apresentam maior frequência, atingindo uma proporção de 2:1. Nas crianças a DC tem prevalência em todas as idades, especialmente crianças de seis meses a cinco anos (10). Apresenta uma forte condição hereditária, com prevalência variando de 8 a 18% em familiares de pacientes celíacos. A doença é uma enfermidade grave para aproximadamente um terço dos pacientes, uma vez que a maioria não apresenta sintomas clínicos (11).

O tratamento da Doença Celíaca caracteriza-se basicamente pela exclusão de alimentos fonte de glúten, mesmo nos períodos de latência uma vez que esses tendem a ser transitórios. A importância de se manter uma dieta rigorosa está no fato da doença não só causar sintomas digestivos, mas também por provocar outras condições extras digestivas como anemia, lesões de pele, osteopenia, infertilidade, ataxia e polineuropatia, além de adenocarcinoma do intestino delgado e linfoma de células T (12). Mesmo com a abstinência de cereais livres de glúten, pode levar meses ou anos para que o intestino se recupere completamente e volte a apresentar morfologia normal (11). Recidivas das manifestações clínicas são observadas com o retorno do glúten à alimentação.

A maior dificuldade na alimentação dos celíacos está no acesso aos produtos elaborados com substitutos da farinha de trigo e que apresentem características sensoriais favoráveis e agradáveis ao consumidor. É possível encontrar no mercado alguns produtos sem glúten desenvolvidos a partir de cereais como o arroz e batata. Porém, por se tratarem de alimentos não produzidos em larga escala, agregam alto valor comercial tornando-os caros e inacessíveis às classes sociais menos favorecidas.

Mesmo sendo o sorgo empregado na alimentação humana (3) poucos trabalhos onde é utilizada farinha de sorgo na elaboração de biscoitos, são encontrados na literatura. Desta forma, a farinha de sorgo desponta como uma alternativa alimentar para portadores da doença celíaca, por meio do desenvolvimento de alimentos que são tradicionalmente à base de trigo e que compõem a dieta habitual da população. Em razão disso, o presente estudo teve como objetivo desenvolver *cookies* de chocolate sem glúten utilizando farinha de sorgo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Farinha de sorgo

Para a obtenção da farinha de sorgo, foram utilizados os grãos da espécie *Sorghum vulgare* variedade SI 03204, branco e sem tanino.

Após a retirada manual das sujidades leves, os grãos foram moídos em micro moinho Marca Tecnal e peneirados numa granulometria de 250µm (13). A farinha foi armazenada em recipiente tampado e mantida sob refrigeração até a utilização.

### Cookies

Após a definição da formulação base (Tabela 1), a farinha de trigo foi substituída por farinha mista contendo: farinha de sorgo (50-100%), farinha de arroz (0-50%) e amido de milho (0-50%), de acordo com o delineamento experimental fator simplex-lattice, totalizando dez experimentos (Tabela 2). Os ingredientes selecionados nas formulações estavam isentos de contaminação de glúten.

TABELA 1  
Formulação dos cookies de sorgo

Ingrediente	g/100g
Mistura de farinhas	35,2
Gordura vegetal hidrogenada	17,6
Açúcar refinado	12,3
Açúcar mascavo	10,5
Chocolate ao leite picado	8,8
Cacau em pó	5,3
Gema	5,3
Gotas de chocolate hidrogenado	1,8
Água	1,7
Bicarbonato de sódio	0,9
Essência de baunilha	0,3
Bicarbonato de amônio	0,3
TOTAL	100

No processamento dos cookies, inicialmente, os ingredientes secos foram misturados, sendo que o açúcar refinado e o mascavo foram previamente peneirados. Posteriormente, os outros ingredientes foram misturados até que a massa ficasse uniforme e com uma consistência não aderente. Os biscoitos foram moldados em formato circular, assados em fôrmas de alumínio revestidas com papel manteiga em forno elétrico, à temperatura de 180°C, por 20 minutos, resfriados em temperatura ambiente por 2 horas para análise sensorial e química e, por 24 horas para análise física.

TABELA 2  
Composição das misturas de farinhas sem glúten

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Farinha de sorgo*	100	50	50	75	75	50	83,34	58,34	58,34	66,66
Farinha de arroz*	0	50	0	25	0	25	8,33	33,33	8,33	16,67
Amido de milho*	0	0	50	0	25	25	8,33	8,33	33,33	16,67

\* Porcentagens calculadas dos ingredientes em relação ao peso total da mistura de farinhas.

### Análises

As análises físicas realizadas em cinco biscoitos provenientes de uma mesma fornada envolveram a determinação, em triplicata, do peso unitário, rendimento, largura, espessura e fator de expansão (14,15). O peso individual dos biscoitos foi obtido em balança eletrônica digital com precisão de até 0,01g marca Marte. O diâmetro foi determinado através de escala milimetrada e a espessura utilizando-se o paquímetro da marca Vernier Caliper. O fator de expansão foi determinado pela razão entre os valores de diâmetro e espessura dos biscoitos.

O volume específico foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço (15). O biscoito foi colocado no centro de um recipiente e abaixo de um funil de vidro apoiado num tripé. As sementes de painço foram despejadas sobre o recipiente através do funil e recolhidas abaixo até o transbordamento do recipiente. As sementes foram, então, colocadas numa proveta e foi observado seu volume. Para calcular o volume específico, utilizou-se a equação:

Volume específico (cm<sup>3</sup>/g) = volume do biscoito (cm<sup>3</sup>) / massa do biscoito (g).

As análises químicas envolveram a determinação, em triplicata, do teor de umidade em estufa, marca Quimis, 105°C até peso constante (16); de proteínas, pelo método de Kjeldahl (17); de cinzas, pela técnica de incineração em mufla, marca Lndic 50, a 550°C (16); de lipídeos totais (18). O teor de fibra alimentar total foi determinado por método enzimático (17) e o de carboidratos por diferença. As determinações do pH e da acidez titulável foram realizadas através da técnica descrita pelo IAL (16).

A análise sensorial foi realizada pela Análise descritiva quantitativa (ADQ) por meio de uma escala não estruturada de 9 cm, com a descrição nos pontos extremos, mínimo e

máximo (Tabela 3) e uma equipe de 12 julgadores selecionados e treinados. A sessão foi conduzida em cabines individuais e luz branca e as amostras foram servidas individualmente, com número de três dígitos.

Dentre as 10 formulações desenvolvidas, foram escolhidas as duas melhores por meio da análise sensorial dos atributos: aparência geral externa, dureza, arenosidade, mastigabilidade, amargor residual e qualidade global (Tabela 3). Os testes foram divididos em três etapas, em dias diferentes, sendo na primeira oferecida quatro amostras e na segunda e terceira, três amostras em cada.

Definidas as melhores formulações, foi realizada uma ADQ, onde foram avaliados os atributos: cor de chocolate, tamanho, volume, aparência geral externa, odor característico, dureza, arenosidade, mastigabilidade, crocância, doçura, sabor, amargor residual e qualidade global (Tabela 3). A ADQ foi realizada também com cookies de chocolate de uma marca comercial de referência, com farinha de trigo, e os resultados comparados entre si. O grau de aceitação dos cookies foi avaliado pela Escala hedônica de nove pontos, com 34 provadores não-celiacos e 10 celiacos cadastrados na Associação dos Celiacos do Paraná – ACELPAR, selecionados em função de consumirem biscoitos tipo cookie, disponibilidade e interesse em participar da avaliação após assinarem o termo de consentimento aprovado pelo Comitê de Ética.

A análise estatística foi realizada pela Análise de Variância e as comparações entre as médias foram realizadas pelo Teste de Tuckey a 5% de probabilidade para identificar a diferença entre as formulações.

## RESULTADOS

Os resultados obtidos nas análises físicas e químicas da farinha de sorgo e os registrados na literatura podem ser visualizados na Tabela 4.

Na análise sensorial preliminar com os atributos aparência geral externa, dureza, arenosidade, mastigabilidade, amargor residual e qualidade global, as amostras IX e X foram identificadas como melhores sendo, portanto, submetidas à análise física, química, análise descritiva quantitativa e comparadas com uma amostra similar comercial.

A Tabela 5 apresenta as médias obtidas pela análise física para os cookies comercial e de farinha mista com sorgo que mostram valores próximos nos parâmetros avaliados.

TABELA 3  
Termos descritores dos atributos da ADQ utilizados nos cookies de chocolate

Termos descritores	Definições	Referências
Aparência Cor de chocolate	Intensidade da cor chocolate	Forte: cor de chocolate marrom escura Fraca: cor de chocolate marrom clara
Tamanho	Diâmetro do cookie	Muito grande: 6 dedos Muito pequeno: 1 dedo
Volume	Espessura do cookie	Fino: 0,2cm Grosso: 2cm
Aparência geral externa	Avaliação global das características visuais do biscoito, incluindo cor, brilho, volume, tamanho, textura visual, uniformidade na coloração e tonalidade.	Ótimo: características externas satisfazem por completo a visão. Péssimo: características externas não satisfazem a visão.
Odor Odor característico	Intensidade do odor característico associado ao produto.	Agradável: odor muito característico de cookie. Desagradável: odor completamente não característico de cookie.
Textura Dureza	Força requerida para romper o biscoito entre os dentes incisivos e caninos.	Muito mole: extremamente mole. Muito dura: extremamente dura.
Arenosidade	Sensação ocorrida durante a mastigação provocada pela presença de grânulos de areia.	Muito arenoso: grande presença de grânulos. Ausência de grânulos
Mastigabilidade	No de vezes que há que mastigar o alimento para poder engoli-lo	Fácil Difícil
Crocância	Som produzido durante a mastigação.	Muito crocante Pouco crocante
Gosto Doçura	Propriedade sensorial das substâncias puras ou misturas que produzem o gosto doce	Extremamente doce Ausência de doce
Sabor	Sensação composta de sensações olfativas e gustativas percebidas na mastigação do cookie.	Agradável Desagradável
Amargor residual	É o gosto amargo que permanece por um período de tempo após a ingestão de uma determinada substância (não do chocolate).	Muito amargo Ausência de amargor
Qualidade global	Soma dos fatores de qualidade que contribuirão na determinação do grau de aceitação do produto	Excelente Péssimo

TABELA 4  
Análise física e química da farinha de sorgo

Determinações (g/100g)	Farinha de Sorgo	Farinha de Sorgo (em base seca)	Farinha de sorgo (em base seca)*
Umidade	12,64±0,04	-	15,0
Proteínas totais	6,94±0,00	7,82±0,00	8,5
Lípídeos	2,02±0,04	2,28±0,04	2,2 - 4,7
Carboidratos	69,67 ±0,037	80,06±0,037	-
Cinzas	1,28±0,00	1,44±0,00	0,9 - 1,5
Fibra alimentar total	7,46±0,35	8,40±0,35	1,8
Valor energético (Kcal/100g)	326,0	-	-
pH	6,28±0,01	-	-
Acidez titulável (g ácido equivalente/100g)	1,45±0,00	-	-

\* (19)

TABELA 5  
Análise física dos cookies de farinha mista com sorgo e comercial

	IX*	X**	Cookie comercial
Peso (g)	14,53±0,00	14,79±0,00	12,57±0,50
Diametro (cm)	5,7±0,00	5,59±0,00	5,9±0,05
Espessura (cm)	1,14±0,02	1,15±0,00	1,09±0,00
Fator de expansão	4,99 ±0,02	4,89 ±0,08	5,4±0,06
Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)	1,54±0,00	1,46±0,00	1,77 ±0,00

\* formulação com 58% farinha de sorgo, 8% farinha de arroz, 33% amido de milho.

\*\*formulação com 67% farinha de sorgo, 17% farinha de arroz, 17% amido de milho.

A composição centesimal das formulações IX e X dos cookies de chocolate com farinha mista de sorgo e amostra comercial pode ser observada na Tabela 6.

TABELA 6  
Composição centesimal, em base seca, dos cookies de chocolate com farinha mista com sorgo e comercial

	Amostra IX *	Amostra X**	Cookie comercial
Acidez titulável (g de ácido equivalente/100g)	0,135	0,108	0,26
Cinzas (g/100g)	1,92	2,02	1,45
Lipídeos (g/100g)	27,10	25,65	22,86
Proteínas (g/100g)	7,19	9,18	9,02
Carboidratos (g/100g)	63,74	63,15	66,67
Valor energético (Kcal/100g)	528,07	520,17	508,50

\* formulação com 58% farinha de sorgo, 8% farinha de arroz, 33% amido de milho.

\*\* formulação com 67% farinha de sorgo, 17% farinha de arroz, 17% amido de milho.

A Tabela 7 mostra as médias obtidas na ADQ para as duas melhores amostras de cookies de chocolate com farinha mista de sorgo e amostra comercial.

Nos gráficos 1 e 2 pode ser visualizada a frequência dos valores atribuídos aos produtos para a população não celíaca e celíaca, respectivamente.

TABELA 7  
Médias<sup>1</sup> da Análise descritiva quantitativa<sup>2</sup> dos cookies de chocolate com farinha de sorgo e comercial

Atributo <sup>1</sup>	IX*	X**	Cookie comercial
Cor	6,2 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>
Tamanho	4,5 <sup>a</sup>	4,4 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>
Volume	4,2 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>
Aparência	6,2 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
Odor	6,6 <sup>b</sup>	5,6 <sup>b</sup>	7,9 <sup>a</sup>
Dureza	3,5 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>
Arenosidade	5,4 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>
Mastigabilidade	7,0 <sup>a</sup>	6,7 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>
Crocância	4,7 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>
Doçura	4,3 <sup>a</sup>	4,7 <sup>a</sup>	4,7 <sup>a</sup>
Sabor de chocolate	5,4 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>
Amargor residual	2,0 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>
Qualidade global	6,8 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Médias na mesma linha e com letra em comum não diferem significativamente entre si (p<0,05).

<sup>2</sup> A escala não estruturada corresponde ao valor mínimo de 1,0 e o máximo de 9,0.

\* IX - formulação com 58% farinha de sorgo, 8% farinha de arroz, 33% amido de milho. \*\* X - formulação com 67% farinha de sorgo, 17% farinha de arroz, 17% amido de milho.

GRAFICO 1

Escala hedônica atribuída às amostras IX e X pela população não celíaca

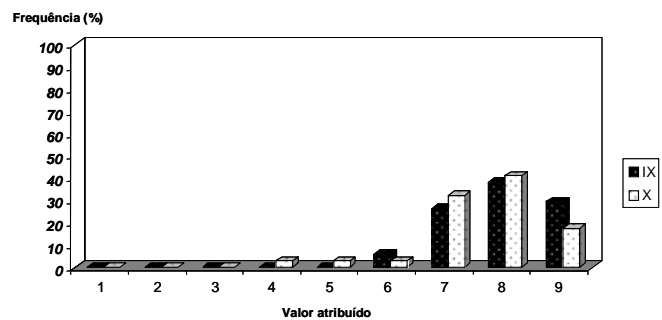
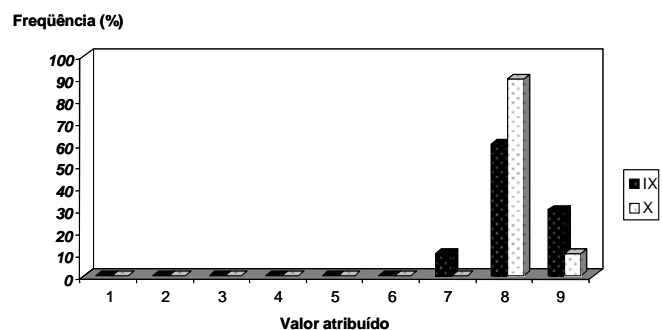


GRAFICO 2

Escala hedônica atribuída às amostras IX e X pela população celíaca



## DISCUSSÃO

Por ser um dos principais fatores de aceleração das reações enzimáticas (20) o teor máximo de umidade permitido para a farinha de trigo (13,21) e farinha de sorgo da espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench, (19) é de 15 g/100g valor superior ao encontrado para a farinha de sorgo (Tabela 4). Teor maior foi registrado (7,73, 7,48 e 8,81) em três diferentes grãos de sorgo granífero cv. Sacarino (20). Valores similares foram encontrados por Guilherme & Jokl (22) e superiores (23,24) para outras farinhas sem glúten.

O teor de proteínas, em base seca, encontrada no sorgo foi inferior ao mínimo de 8,0 g/100g indicado para a farinha de trigo tipo 2 (13) e ao mínimo de 8,5 g/100g definido pelo Codex Alimentarius (19) para farinha de sorgo.

A quantidade de lipídeos foi próxima ao limite de 2,2 a 4,7 g/100g estabelecido pelo FAO/OMS (19) para a farinha de sorgo, porém maior que o verificado para outras farinhas sem glúten (22-24).

As cinzas da farinha de trigo são usadas para classificar o tipo da farinha (13), pois as cinzas estão relacionadas ao grau de extração de farinha de trigo (25) e a quantidade de minerais do produto. O valor de cinzas ficou dentro do limite de 0,9 g/100g e 1,5 g/100g indicado pelo Codex Alimentarius (19) para a farinha de sorgo e inferior ao intervalo de 1,8 a 1,98 g/100g encontrado por Souza et. al. (20). Essa diferença pode ser explicada pela retirada do farelo por meio da peneira de 250 $\mu$ m na farinha de sorgo em estudo.

No entanto, a quantidade de fibra alimentar total de 7,46 g/100g foi superior ao valor indicado para a farinha de sorgo (19), o que sugere uma peneiração com tamiz de menor dimensão no orifício da malha com a finalidade de promover maior retenção da casca. Em contraponto, uma quantidade elevada de fibra alimentar merece destaque em biscoitos para portadores de doença celíaca uma vez que os produtos sem glúten apresentam baixo teor de fibras por serem oriundos de farinhas refinadas ou amido (26). A presença de fibras em biscoitos favorece a recomendação da ingestão que deve ser em forma de frutas, vegetais e cereais integrais. Por outro lado, para aqueles que têm intolerância ao glúten e cuja alimentação seja pobre em fibra é necessário aumentar o consumo de líquido.

Para os carboidratos, o valor de 69,66 g/100g foi próximo aos 56,84 a 68,85 g/100g de açúcares totais encontrado para farinha de grãos de sorgo (20), aos 67,89 g/100g de carboidratos verificados para a farinha de aveia (27). Valores superiores (75,08) foram encontrados para a farinha de trigo (27) e outras farinhas (22,24).

Em relação ao pH, o índice de 6,28 foi próximo à neutralidade e similar ao registrado por Souza et al. (20). A acidez titulável foi de 1,45 g de ácido equivalente/100g, abaixo dos valores de 3,24 e 2,7645 g de ácido equivalente/100g

registrados em farinha de sorgo granífero cv. sacarino *Sorghum bicolor* (L.) Moench, variedade IPA- 467 (20). Como não é estipulado valor máximo tolerável para a farinha de sorgo, foi utilizado o referencial de 3,0 g de ácido equivalente/100g de acidez titulável recomendado para a farinha de trigo comum. A baixa acidez encontrada para a farinha de sorgo sugere condições ótimas de cultivo e armazenamento, indicando que não houve deterioração do produto.

O peso dos cookies desenvolvidos (Tabela 5) não apresentou variação, porém foram mais pesados em relação os biscoitos comerciais, fato que deve estar relacionado à diferença na capacidade de absorção de água pelos constituintes da farinha como proteínas, amido danificado e pentosanas (25).

No diâmetro das amostras elaboradas foi encontrado menor valor em relação ao cookie comercial. Similar comportamento foi registrado em cookies de farinha de batata doce (24) quando comparado ao biscoito controle. Na espessura os cookies sem glúten apresentaram valores superiores em relação à amostra controle e confirmaram os resultados registrados para biscoitos sem glúten e controle com farinha de trigo (28). Essa situação foi confirmada por Gutkoski et al. (25) quando elaboraram biscoitos tipo semi-duro com farinha de trigo.

Os atributos comprimento e expansão estão correlacionados ao diâmetro. Biscoitos de maior diâmetro estão associados a trigos de dureza mole, de baixo teor de proteínas e que produzem farinha de quebra em maior quantidade e com pequeno tamanho de partículas (29). Para Yamamoto et al. (30), o fator de expansão prediz melhor a qualidade da farinha de trigo para a produção de biscoitos.

Os fatores de expansão de 4,99% e 4,89% encontrados para as amostras desenvolvidas foram inferiores ao valor do biscoito comercial (5,4%). Essa tendência foi confirmada quando foram elaborados cookies com outras farinhas sem glúten (14,24).

Biscoitos com fator de expansão muito alto ou muito baixo causam problemas na indústria, resultando em produtos com tamanho pequeno ou peso muito elevado. Quanto menor a granulção do açúcar, maior é a eficácia em aumentar o fator de expansão (14). Nas formulações desenvolvidas, foi utilizado açúcar refinado e mascavo, sendo que o biscoito comercial só continha refinado, condição essa que pode ter influenciado na diferença do fator de expansão.

O maior volume específico da amostra comercial indica que as amostras experimentais tiveram uma tendência ao maior peso e menor expansão que pode ser atribuído a vários fatores como a qualidade dos ingredientes usados na formulação da massa, em especial a substituição da farinha de trigo e aos tratamentos usados durante o processamento. Esses resultados confirmam que o volume específico e a densidade dependem diretamente da expansão do biscoito que confere uma relação

positiva com o volume e uma relação negativa com a densidade (31).

Os cookies elaborados por Silva et al. (32) utilizando 25% de farinha de jatobá em substituição ao trigo, demonstraram volume específico de 1,56 m<sup>3</sup>/g, valor próximo ao encontrado para os cookies de chocolate com farinha de sorgo (1,54 e 1,46 cm<sup>3</sup>/g). O volume específico da amostra comercial (1,77 cm<sup>3</sup>/g) foi superior aos desenvolvidos com sorgo.

A umidade dos cookies de sorgo e a do comercial (Tabela 6) foi superior aos 2,7 g/100g (23) registrados para biscoito com farinha mista. O teor de cinzas foi menor que os 1,7 g/100g (23) e 1,6 g/100g (33). A acidez dos cookies de chocolate com farinha de sorgo e a amostra comercial, foi bem abaixo de até 3,0 g de ácido equivalente/100g, sugerido para biscoitos.

O valor de lipídeos das amostras desenvolvidas foi similar ao encontrado por Silva et al. (32), em cookies com farinha de trigo e farinha de jatobá que apresentaram lipídeos em torno de 28 g/100g. O teor de proteínas para a formulação X foi similar ao comercial. A amostra IX, com maior teor de amido de milho e menor de sorgo, apresentou teor protéico inferior às demais e valores próximos aos 7,5 g/100g (33) e aos 7,2 g/100g (23).

Os resultados da ADQ (Tabela 7) para as duas melhores amostras de cookies de chocolate com farinha de sorgo e para a amostra comercial mostraram que houve diferença estatística significativa entre a média nos atributos cor e odor em nível de 5%. A diferença da cor, atribuída como mais forte pelos provadores, se deve, possivelmente, à coloração da farinha de sorgo, a qual é mais escura do que a de trigo. O resultado é compatível com Bady & Hosney (34), que identificaram que os biscoitos com sorgo foram mais escuros do que os elaborados com farinha de trigo. No odor o resultado reflete a resposta dos julgadores que consideraram a amostra comercial mais agradável do que as amostras de cookies de chocolate com farinha de sorgo.

Os demais atributos não apresentaram diferença estatística significativa entre as médias obtidas na ADQ em nível de 5% de significância, o que indica proximidade da qualidade sensorial de cookies comerciais e dos desenvolvidos com farinha de sorgo, sugerindo que os produtos elaborados estão adequados para o consumo.

A frequência de aceitação dos cookies de farinha de sorgo pela escala hedônica (Gráfico 1 e 2), tanto pelos provadores não-celiacos quanto pelos celiacos, foi considerada ótima. 100% dos provadores (independente de grupo), atribuíram valores superiores a 6 para a amostra IX, demonstrando que gostaram do mesmo; 38,23% e 29,42% dos não-celiacos gostaram muito e muitíssimo, respectivamente dessa amostra. Quanto aos celiacos, 60% gostaram muito e 30% gostaram muitíssimo. Nos cookies elaborado com farinha de amaranto (35) os provadores não celiacos atribuíram notas correspondentes a gostei ligeiramente e gostei moderadamente para as diferentes formulações.

Em relação à amostra X, aproximadamente 94% dos não celiacos afirmaram gostar da amostra; 2,94% foram indiferentes (nem gostaram, nem desgostaram) e 2,94% desgostaram ligeiramente. Quanto aos portadores da Doença Celíaca, 100% aprovaram o biscoito, sendo que 90% gostaram muito e 10% gostaram muitíssimo.

Os resultados mostraram que as formulações, por apresentarem características físicas, químicas e sensoriais similares aos cookies comerciais, podem ser uma alternativa para novos produtos sem glúten no mercado. No entanto, em razão da densidade calórica da porção de biscoitos (dois biscoitos) e da quantidade de 1,5 g/100g de fibra alimentar recomenda-se uma ingestão moderada. O aumento do consumo de fibras deve ser gradual uma vez que o aumento exagerado pode contribuir à flatulência, distensão abdominal e diarreia, e, também a ingestão excessiva de fibras pode prejudicar absorção de nutrientes como, ferro, cálcio e zinco, importantes nesta fase.

## CONCLUSÃO

A farinha de sorgo (*Sorghum vulgare*) apresenta características físicas e químicas similares ao trigo e aos parâmetros de qualidade indicados pelo Codex Alimentarius, exceto no teor de fibra alimentar total.

As formulações de cookies sem glúten de farinha de sorgo apresentam diferença estatística significativa somente nos descritores sensoriais, cor e odor. Nas análises físicas e químicas apresentam resultados próximos aos biscoitos comerciais com farinha de trigo.

Os resultados sugerem a viabilidade de produção de biscoitos tipo cookies para celiacos. Por serem considerados de densidade calórica e de alto teor de fibra alimentar total, os cookies devem ser ingeridos com moderação.

## AGRADECIMENTO

Ao Programa PIBIC/UFPR pela concessão de bolsa, à Associação dos Celiacos do Paraná – ACELPA e o Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR que cedeu a amostra.

## REFERÊNCIAS

1. National Grain Sorghum Producers. What is Sorghum?. Disponível em: <Acessado <http://www.sorghumgrowers.com/Sorghum+101>> Acesso em 11 jun. 2008.
2. Santos FG. Cultivares de Sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003. Comunicado Técnico,nº77. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/publicacoes/publica/comuni77.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2008.
3. Mallasy LO, Tinay AH, Ahmed AR. Biochemical and sensory evaluation of wheat bran supplemented sorghum bread. Plant. Food for Health Nutrition. 2002; 57: 63-71.

4. Sdepanian VL, Scaletsky ICA, Morais BEM, Fagundes NU. Pesquisa de gliadina em medicamentos- informação relevante para a orientação de pacientes com doença celíaca. *Arq. Gastroenterol.* 2001; 38 (3): 287-293.
5. Craig D, Robins G, Howdle PD. Advances in celiac disease. *Curr. Opin. Gastroenterol.* 2007; 23:142-148.
6. Houlston R S, Ford D. Genetics of celiac disease. *The Quartely Journal of Medicine.* 1996, 89 (10): 737-743.
7. Bai J, Zeballos E, Fried M, Corazza GR, Schuppan D, Farthing MJG, Catassi C, Greco L, Cohen H, Krabshuis JH. Celiac Disease. *World Gastroenterology Organisation Practice Guidelines*, New York, p. 18. 2007.
8. Gandolfi L, Pratesi R, Cordoba JC, Tauil PI, Gasparin M, Catassi C. Prevalence of celiac disease among blood donors in Brazil. *Am. J. Gastroenterol.* 2000;95:689-92.
9. Oliveira RP, Sdepanian VI, Barreto JA, Cortez AJ, Carvalho FO, Bordin JO, De Camargo Soares MA, Da Silva Patrício FR, Kawakami E, De Morais MB, Fagundes-Neto U. High prevalence of celiac disease in Brazilian blood donor volunteers based on screening by IgA antitissue transglutaminase antibody. *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* 2007;19:43-9.
10. Pratesi R, Gandolfi L. Doença celíaca: a afecção com múltiplas faces. *J Pediatr.* 2005, 81 (5): 357-358.
11. Hamer RJ. Coeliac disease: background and biochemical aspects. *Biotechnology Advances*, New York, v. 23, p. 401-408, 2005.
12. Troncone R, Aurocchio R, Granata V. Issues related to gluten-free diet in coeliac disease. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.*2008; 11:329-333.
13. Brasil. Instrução Normativa MAPA nº 8, de 3 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. *Diário Oficial da União*, 03 jun.2005a. Seção 1. Brasília. Disponível em: <[http://www.claminas.com.br/pdf/Farinha\\_de\\_trigo.pdf](http://www.claminas.com.br/pdf/Farinha_de_trigo.pdf)> Acessado em: 10 jun. 2009.
14. Silva MR, Silva MAP, Chang YK. Utilização da farinha de Jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. *Ciênc Tecnol Aliment.*1998;18 (1): 25-34.
15. Ferreira SMR, Amicci M. Caracterização física e sensorial de biscoitos. *Higiene Alim.* 2009; 168/169 (23):79-84.
16. Instituto Adolfo Lutz (IAL). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglia. . 4ª Edição., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020 1ª Edição Digital. Disponível em:< [http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com\\_remository&Itemid=0&func=select&orderby=1](http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=0&func=select&orderby=1)> Acessado em: 15 abr. 2009.
17. AOAC. Official Methods of Analysis of the of AOAC International. 17<sup>th</sup>ed. Gaythersburg, MD. 2000.
18. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 1959; 37 (8): 911-917.
19. FAO/WHO. Food Standards Programme. Codex Alimentarius Commission: Normal del Codex para la harina de sorgo: Codex Stan 173-1989 (Rev. 1 – 1995).
20. Souza CC, Dantas JP, Silva SM, Souza VC, Almeida FA, Silva LE. Produtividade do Sorgo granífero cv. sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2005; 25 (3): 287-293.
21. FAO/WHO. Food Standards Programme. Codex Alimentarius Commission: Normal del Codex para la harina de trigo: Codex Stan 152-1985 (Rev. 1995).
22. Guilherme FFP, Jok L. Emprego de fubá de melhor qualidade protéica em farinhas mistas para produção de biscoitos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2005; 25 (1): 63-71.23.
23. Fasolin LH, Almeida GC, Castanho OS, Netto-Oliveira ER. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2007; 27 (3): 524-529.
24. Singh S, Riar CS, Saxena DC. Effect of incorporating sweetpotato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. *Afr. J. Food Sci.* 2008; (2): 065-072.
25. Gutkoski LC, Pagnussatt FA, Spier F, Pedó I. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2007; 27 (1): 119-124.
26. Gallagher E, Gormlley, TR, Arendt EK. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Tren. Food Sci. Technol.* 2004, 15: 143-152.
27. Tredus AS, Ormenese RCSC, Speranza SM, Chang YK, Bustos FM. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia, amido de trigo na qualidade de pães. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2001; 21(1): 20 -25.
28. Schober TJ, O'Brien, CM, McCarth D, Darnedde A., Arendt EK. Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *Eur. Food Res. Technol.* 2003; 216:369-376.
29. Gutkoski LC, Nodari ML, Jacobsen NR. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2003; 23 (supl): 91-97.
30. Yamamoto H, Worthigton ST, Hou G, Ng PKW. Rheological preoperties and baking qualities of seletedected soft wheats grown in the United Stades. *Cereal Chem.* 1996; 73 (2): 215-221.
31. Pereira J, Ciacco CF, Vilela ER, Teixeira ALS. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 1999; 19 (2): 287-293.
32. Silva MR, Silva MS, Martins KA, Borges S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá- do- cerrado e de jatobá- da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2001; 21(2): 287-293.
33. Rodrigues MAA, Lopes GS, França AS, Motta S. Desenvolvimento de formulações de biscoitos tipo cookie contendo café. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2007; 27 (1): 162-169.34.
34. Bady SM, Hoseney RC. Use of sorghum and pearl millet flowers in cookies. *Cereal Chem.* 1976; 53: 733-738.
35. Marcilífo R, Amaya-Farfan J, Silva MAAP, Spehar CA. Avaliação de amaranto na elaboração de biscoitos sem glúten do tipo cookie. *Braz. J. Food Technol.* 2005; 8 (2): 175-181.

Recibido: 12-01-2009

Aceptado: 18-08-2009

## Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola

Ana Carolina da Silva Pereira, Ana Maria de Abreu Siqueira, Josefranci Moraes de Farias, Geraldo Arraes Maia, Raimundo Wilane de Figueiredo, Paulo Henrique Machado de Sousa

Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Ceará-Brasil

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma bebida mista a base de água de coco (*Cocos nucifera* L.) e polpas de abacaxi (*Ananas comosus*) e acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) na forma de “pronto para beber”, combinando a aceitação sensorial e os componentes nutricionais e funcionais dos frutos. Foram avaliadas 10 formulações de bebidas mistas quanto às determinações físico-químicas, componentes funcionais e atributos sensoriais. Como não houve diferença significativa na aceitação entre as formulações, o produto composto de 65% de água de coco, 15% de polpa de abacaxi e 20% de polpa de acerola foi selecionado baseado na melhor combinação de componentes nutricionais e funcionais. Esta formulação apresentou características requeridas para um novo produto comercial.

**Palavras-chave:** Sucos de frutas, qualidade sensorial, antioxidante total.

### INTRODUÇÃO

As frutas possuem um papel importante na alimentação humana por serem excelentes fontes de vitaminas, minerais e carboidratos solúveis, além de apresentarem diferentes grupos de substâncias químicas, as quais reduzem o risco de doenças cardiovasculares e atuam como agentes anticancerígenos (1).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado o efeito protetor de dietas ricas em frutas e hortaliças contra doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer, já que estes alimentos são fontes de vitaminas antioxidantes (C e E), compostos fenólicos e carotenóides (2). Conseqüentemente, nos últimos anos tem ocorrido uma grande expansão do setor, principalmente na indústria de sucos, a qual tem uma expressiva importância econômica no País (3).

O hábito do consumo de sucos de frutas tem aumentado devido a diversos fatores, tais como, falta de tempo da população para preparar sucos das frutas *in natura*, praticidade e valor nutritivo oferecidos pelos produtos, substituição ao consumo de bebidas carbonatadas e preocupação com o consumo de alimentos mais saudáveis (4). A comercialização desses produtos tem apresentado considerável crescimento nos últimos quinze anos, destacando o Brasil como um dos maiores produtores, movimentando cerca de 450 milhões de dólares e

**SUMMARY. Development of mixed drink of coconut water, pineapple and acerola pulp.** The purpose of the present work was to develop a blended beverage based on green coconut (*Cocos nucifera* L.) water, pineapple (*Ananas comosus*) and acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) pulps as a ready to drink product, combining the sensory acceptance, nutritional and functional compounds of these fruits. Ten formulations of mixed beverages were evaluated with regard physicochemical determinations, functional compounds and sensorial attributes. Since here was no significative change in the acceptance of here formulations, the product composed of 65% green coconut water, 15% of pineapple and 20% acerola pulp was selected based on the best combination of nutritional components. This formulation presented the required characteristics for a new commercial product.

**Key words:** Fruit juices, sensory quality, total antioxidant.

350 milhões de litros por ano (5). Na indústria brasileira, o interesse dos consumidores por sabores diversificados de sucos e polpas, tem incentivado as empresas a desenvolverem novos produtos para atender a demanda (4-5).

As misturas de frutas apresentam uma série de vantagens na produção de bebidas mistas, tais como, melhoram as características sensoriais através da combinação de vários aromas e sabores; aumentam o valor nutricional com o enriquecimento de nutrientes das frutas utilizadas; além de estimular o desenvolvimento do setor produtivo com a elaboração de novos produtos, agregando valor aos mesmos (6). Essas bebidas são formuladas buscando um novo tipo de sabor e/ou sensação. Por exemplo, a mistura de água de coco e sucos de frutas tropicais, como abacaxi e acerola, confere ao produto propriedades funcionais e sabor diferenciado. O desenvolvimento de novos produtos pode, ainda, estimular as agroindústrias a melhorarem a infra-estrutura disponível (7).

A água de coco, substituta da água natural na formulação de néctares, vem sendo bastante utilizada, devido as suas propriedades nutricionais e terapêuticas, sendo uma solução natural, ácida, rica em sais minerais, açúcares e aminoácidos essenciais (6). A acerola pode ser usada vantajosamente como agente enriquecedor na formulação de numerosos sucos de frutos pobres em vitamina C, além de ser uma boa fonte de

pró-vitamina A, ferro e cálcio (4). Já o abacaxi é considerado um dos frutos tropicais mais importantes, principalmente por suas apreciáveis características de sabor, aroma e cor, cuja comercialização vem se expandindo no mercado mundial (7).

Uma bebida formulada com água de coco, suco de abacaxi e de acerola, poderá trazer benefícios, principalmente, para os consumidores que desejam consumir produtos naturais e com sabor diferenciado.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver formulações de bebida mista a base de água de coco, polpa de abacaxi e de acerola na forma de “pronto para beber”, tendo em vista a aceitação sensorial e o aumento dos componentes com atividade antioxidante.

## MÉTODOS

### Matéria-prima

Foram utilizados cocos (*Cocos nucifera* L.) verdes *in natura*, com idade entre 6 e 8 meses e polpas comerciais pasteurizadas e congeladas de abacaxi (*Ananas comosus*) e acerola (*Malpighia emarginata* D. C.).

### Obtenção e preparação da água de coco usada na formulação das bebidas

Os cocos verdes foram lavados em água corrente e sanitizados em água clorada (100 ppm de cloro ativo / 15 min). Os frutos foram abertos com instrumento próprio em aço inoxidável, sendo a água extraída e filtrada em uma manta de aço inox de 5 mm.

### Formulação da bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e de acerola

As bebidas formuladas foram diluídas em água potável. Os sólidos solúveis totais foram padronizados por meio da adição de sacarose comercial. O teor de sólidos solúveis totais foi fixado em 11 °Brix, e o teor da mistura de polpas, em 35%, sendo o mínimo estabelecido pela legislação para néctar misto de frutas (8).

As proporções da água de coco e das polpas de acerola e abacaxi em cada tratamento foram definidas segundo um delineamento simplex aumentado de misturas, com 10 tratamentos, conforme apresentados na Tabela 1. Para utilização do programa estatístico, a soma dessas três proporções deveria ser igual a 1,00, já que a soma de proporções de uma mistura deve ser igual a 100% e as restrições foram as seguintes: a proporção de água de coco deveria ser no mínimo 65%; polpa de abacaxi, no mínimo 15%, e a de acerola, no mínimo 2,5%; sendo baixo este último valor, pelo limitado apelo sensorial da acerola (3), o que poderia comprometer a aceitação sensorial em valores mais elevados na mistura (Tabela 1).

As polpas de frutas foram pesadas e homogeneizadas juntamente com a água de coco e o açúcar. Foram realizadas três repetições para cada formulação. As bebidas mistas resultantes de cada tratamento foram submetidas a um tratamento térmico a 90°C por 60 segundos (9), envasadas a quente em frascos de vidro de 200 mL com tampa plástica de rosca, e resfriadas em água corrente.

TABELA 1  
Composição das misturas da bebida mista de frutas.  
(g/100g)

Ensaio	Água de coco	Polpa de Abacaxi	Polpa de acerola
1	82,50	15,0	2,50
2	65,00	32,50	2,50
3	65,00	15,00	20,00
4	73,75	23,75	2,50
5	73,75	15,00	11,25
6	65,00	23,75	11,25
7	70,83	20,83	8,30
8	76,67	17,92	5,42
9	67,92	26,67	5,42
10	67,92	17,92	14,17

### Planejamento experimental

O software utilizado para a realização do planejamento experimental e descrição matemática da modelagem de misturas foi o Statistica 7.0.

### Avaliação sensorial

As dez formulações em estudo foram submetidas à análise sensorial utilizando-se uma escala hedônica estruturada de nove pontos, onde 9 representava “gostei muitíssimo” e 1 “desgostei muitíssimo” (10). Na mesma ficha foi incluída a escala de intenção de compra estruturada de cinco pontos, onde 5 correspondia a “certamente compraria” e 1 “certamente não compraria”. Os testes sensoriais foram realizados em laboratório de cabines individuais com lâmpadas fluorescentes, servidos monadicamente, em três sessões, sob condições controladas, com 85 potenciais consumidores. Foram servidos 30 mL de amostras em taças codificadas aleatoriamente com orientação sobre o preenchimento da ficha de resposta, à temperatura de refrigeração (10°C ± 2°C), sob delineamento de blocos completos e balanceados com relação à ordem de apresentação.

### Avaliações físico-químicas e químicas

Para a caracterização das amostras, as análises físico-químicas e químicas foram efetuadas em três repetições para todas as formulações. Foram realizadas as seguintes determinações: pH, através de leitura direta em potenciômetro,

da marca HANNA INSTRUMENTS, modelo HI 9321, conforme AOAC (11). Acidez total titulável obtida através da titulação das amostras com soluções de NaOH 0,1 N e expressa como porcentagem em ácido cítrico (12). Sólidos solúveis totais obtidos através da leitura direta em um refratômetro digital portátil da marca ATAGO, modelo PAL-1, a temperatura de 20°C, sendo os resultados expressos em °Brix. Açúcares redutores e totais, as amostras foram lidas a uma absorvância de 540 nm em um espectrofotômetro do modelo B 582 da marca Micronal (13), e os resultados foram expressos em porcentagem. O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado através de titulação com 2,6-diclorobenzenoindofenol (DCFI), segundo Cox e Pearson (14). Carotenóides totais foram determinados pelo método de Higby (15), cuja extração ocorreu através da agitação da amostra com álcool isopropílico e hexano, com três filtrações posteriores. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro do modelo B 582 da marca Micronal a um comprimento de onda de 450 nm. Os resultados foram expressos em mg de carotenóides totais/100 g de amostra. Os compostos fenólicos totais determinados por espectrofotometria, de acordo com o método colorimétrico de Folin-Denis (12) e curva padrão de ácido tânico. A leitura foi realizada a uma absorvância de 720 nm usando espectrofotômetro VARIAN Cary 50 Bio, sendo os resultados expressos em mg de equivalente de ácido tânico / 100g da amostra.

#### Atividade Antioxidante total (AAT)

A determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS foi realizada conforme metodologia descrita por Re et. al. (16), com algumas modificações. O radical cátion ABTS (ABTS•+) foi gerado através da reação de 5 mL de solução aquosa de ABTS (7 mM) e 88 µL de solução de persulfato de potássio a 140 mM (2,45 mM concentração final). A mistura permaneceu no escuro a 29°C por 14h, e só depois foi diluída com etanol para obter absorvância de  $0,7 \pm 0,02$  a 734 nm usando um espectrofotômetro UV-vis (Modelo B 582 da marca Micronal). Uma amostra de 30 µL do extrato e do antioxidante padrão Trolox (ácido 2-carboxílico-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano), tomado como referência, reagiram com 3 mL da solução resultante do radical verde-azulado ABTS sem a presença da luz. O decréscimo da absorvância a 734 nm foi medido depois de 6 min. A curva padrão foi linear entre 100-2000 µM de Trolox. Os valores da AAT foram obtidos substituindo-se o valor de y na equação da reta pela absorvância equivalente a 1000 µM Trolox. Os resultados foram expressos como TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox) em µM de Trolox/g de suco. Os extratos para leitura foram obtidos a partir das amostras de sucos centrifugadas a 1500 rpm por 10 min. Para cada formulação foram feitas diluições dos extratos em água destilada com concentrações que variaram de 5 a 75% de suco.

#### Estatística

A descrição matemática da modelagem de misturas foi feita por meio da utilização do programa Statistica, versão 7.0. Para este trabalho foram avaliadas as influências de cada variável do processo e as suas interações, sobre as respostas de interesse; com o intuito de determinar os valores ótimos das variáveis independentes com relação às variáveis dependentes.

Os modelos obtidos para as respostas experimentais foram avaliados em termos de sua significância ( $p \leq 0,05$ ) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) ao nível de 5% de probabilidade. As curvas de contorno foram utilizadas para analisar o comportamento de cada atributo estudado em função das proporções entre as diferentes polpas, assim como para a seleção da melhor formulação, ou seja, a que apresentou melhor aceitação.

Para a determinação da correlação de vitamina C, carotenóides totais e compostos fenólicos com a atividade antioxidante das amostras estudadas, foi realizada a correlação de Pearson entre os parâmetros citados.

## RESULTADOS

Somente o atributo corpo apresentou modelo significativo ( $p \leq 0,05$ ), sendo os outros parâmetros utilizados como indicadores de tendência. A polpa de acerola foi o componente que mais contribuiu para aumentar o corpo da mistura (Figura 1A). As formulações que apresentaram as maiores concentrações de polpa de acerola obtiveram as melhores notas para este atributo. As notas permaneceram na faixa entre “não gostei nem desgostei” e “gostei ligeiramente”. Para o sabor, as notas ficaram entre “desgostei ligeiramente” e “não gostei nem desgostei” (Figura 1B). Obteve-se para a impressão global, média das notas entre os termos hedônicos “não gostei nem desgostei” (Figura 1C). A maior concentração de água de coco e o equilíbrio entre as porcentagens de polpa de abacaxi e polpa de acerola influenciaram positivamente no sabor e na impressão global.

Os valores observados no teste de intenção de compra permaneceram na faixa entre “possivelmente não compraria” e “talvez comprasse, talvez não comprasse” (Figura 1D), verificando-se que quanto maiores as concentrações de polpa de abacaxi e de acerola, menor a intenção de compra pelo provador.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores dos coeficientes dos modelos ajustados para os atributos sensoriais e determinações químicas e físico-químicas, juntamente com os coeficientes de determinação.

FIGURA 1

Curvas de contorno da análise sensorial: A – Curva do modelo linear referente ao Corpo; B - Curva do modelo cúbico especial referente ao Sabor; C – Curva do modelo cúbico especial referente à Impressão Global; D - Curva do modelo cúbico especial referente à Intenção de Compra

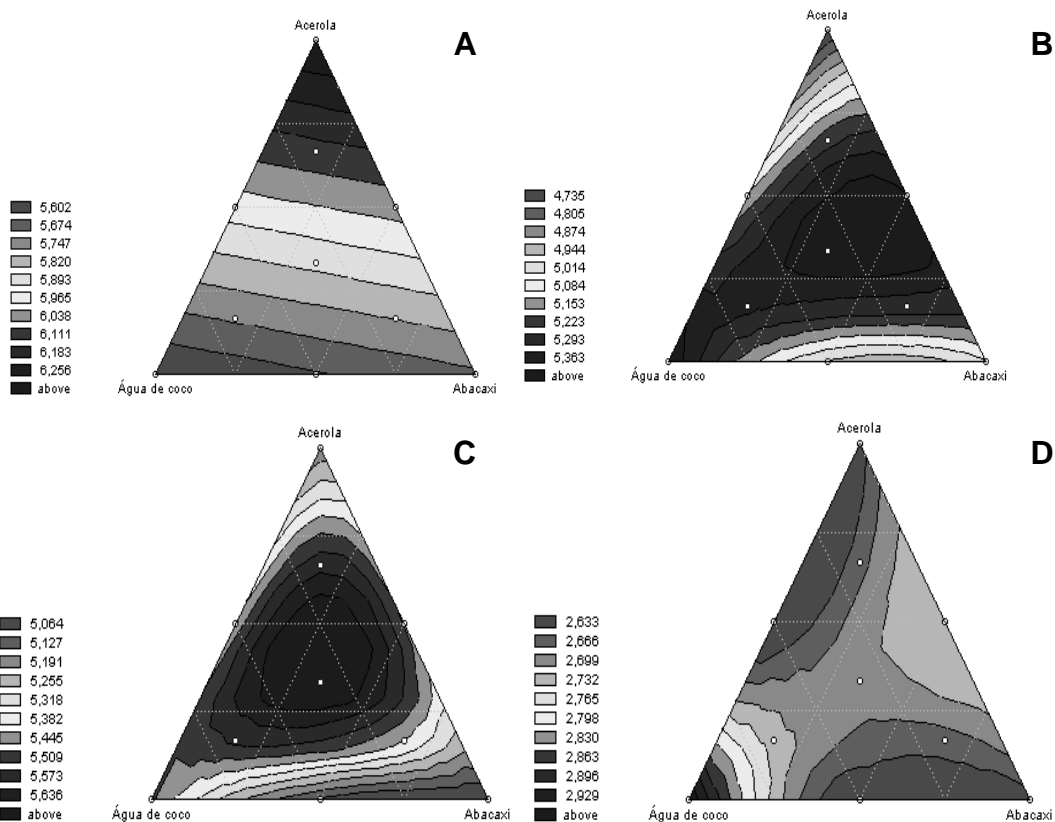


TABELA 2  
Valores dos coeficientes dos modelos ajustados para a análise sensorial

Coeficientes	Corpo	Sabor	Impressão global	Intenção de compra
(A) Coco	5,5288	5,4287	5,4560	2,9621
(B) Abacaxi	5,6622	5,0105	5,0014	2,6167
(C) Acerola	6,3288	4,6651	5,1469	2,6167
AB		-1,1213	-0,6850	-0,8422
AC		0,1877	0,4058	-0,8422
BC		2,1513	1,4967	0,4668
ABC		6,5647	10,1647	2,4352
R <sup>2</sup>	0,6530	0,8376	0,9119	0,8363

Observou-se um valor de F significativo ( $p \leq 0,05$ ) para as seguintes variáveis: pH, vitamina C, carotenóides totais, compostos fenólicos e atividade antioxidante, sendo os outros parâmetros usados como indicadores de tendência.

Os valores obtidos para os açúcares redutores e totais

apresentaram pequenas variações entre as formulações, variando de 6,22 a 9,05 para os açúcares totais, e de 3,75 a 4,78 para os redutores. Em relação aos sólidos solúveis, as formulações apresentaram pequenas variações, obtendo-se valores entre 10,33 a 11,76 °Brix, mantendo-se próximo ao valor fixado para a bebida (11°Brix). O pH manteve-se abaixo de 4,5 em todas as formulações, apresentando valores entre 3,82 e 4,32. A acidez total titulável variou de 0,24 a 0,52% (Tabela 4).

De acordo com a Figura 2D, pode-se observar que as formulações que possuíam elevadas concentrações de polpa de acerola, apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos, em que a maior média encontrada foi de 150,79 mg/ 100mL para a formulação com 65% de água de coco, 15% de polpa de abacaxi e 20% de polpa de acerola. Os teores de vitamina C, fenólicos totais e carotenóides totais apresentaram correlação significativa positiva, porém os valores apresentaram correlação elevada para vitamina C ( $r = 0,99$ ) e fenólicos totais ( $r = 0,95$ ), e baixa correlação para carotenóides totais ( $r = 0,64$ ) com a atividade antioxidante das amostras, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3  
Valores dos coeficientes dos modelos ajustados para as análises químicas

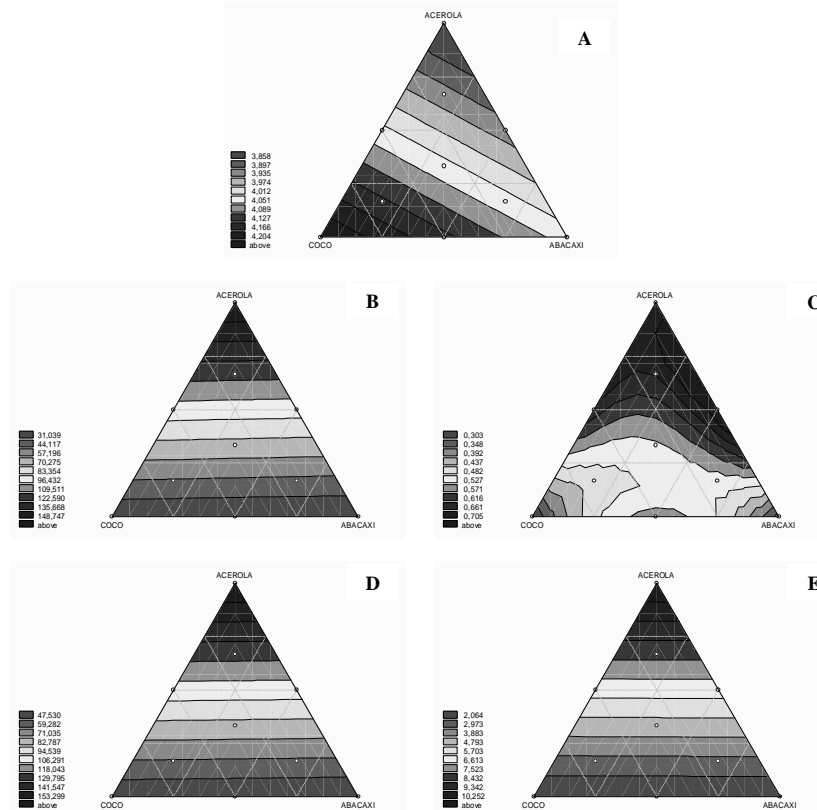
Coefficientes	pH	Antioxidante	Vitamina C	Carotenóides	Fenólicos
(A) COCO	4,2427	1,03542	19,7758	0,3670	37,4182
(B) Abacaxi	4,0327	1,0896	16,4492	0,4410	35,7782
(C) Acerola	3,7994	11,1618	161,8259	0,7840	165,0516
R <sup>2</sup>	0,7273	0,9320	0,9367	0,5793	0,8598

TABELA 4  
Caracterização físico-química das formulações da bebida mista de água de coco e polpas de abacaxi e de acerola

Formulações	pH	SST (°Brix)	ATT (%)	Relação SST/ATT	Açúcar Total (%)	Açúcar Redutor (%)
1	4,32 ± 0,06	11,60 ± 0,10	0,252 ± 0,02	46,20 ± 3,28	9,05 ± 0,32	4,48 ± 0,10
2	4,05 ± 0,05	11,76 ± 0,06	0,269 ± 0,02	43,91 ± 2,77	8,78 ± 0,45	4,21 ± 0,03
3	3,82 ± 0,02	11,13 ± 0,06	0,325 ± 0,02	34,37 ± 2,04	8,55 ± 0,40	4,35 ± 0,11
4	4,14 ± 0,02	11,36 ± 0,06	0,241 ± 0,02	47,43 ± 3,76	7,67 ± 0,09	4,12 ± 0,09
5	3,90 ± 0,02	11,66 ± 0,06	0,521 ± 0,00	22,41 ± 0,11	9,05 ± 0,05	4,39 ± 0,18
6	3,85 ± 0,02	11,46 ± 0,06	0,285 ± 0,02	40,26 ± 2,39	6,22 ± 0,41	4,44 ± 0,31
7	3,95 ± 0,01	11,70 ± 0,00	0,285 ± 0,02	41,08 ± 2,42	8,38 ± 1,12	4,78 ± 0,09
8	4,10 ± 0,05	11,23 ± 0,06	0,241 ± 0,01	46,71 ± 1,60	8,74 ± 0,89	4,35 ± 0,24
9	4,06 ± 0,01	11,40 ± 0,06	0,509 ± 0,01	22,38 ± 0,42	7,86 ± 1,14	3,91 ± 0,43
10	4,06 ± 0,05	10,33 ± 0,06	0,465 ± 0,01	22,25 ± 0,42	8,90 ± 0,38	3,75 ± 0,14

FIGURA 2

Curvas de contorno das análises físico-químicas e químicas: A – Curva do modelo linear referente ao pH; B - Curva do modelo cúbico especial referente a Vitamina C; C – Curva do modelo linear referente aos Carotenóides Totais; 3D - Curva do modelo linear referente aos Compostos Fenólicos; D – Curva do modelo linear referente aos Antioxidantes Totais



## DISCUSSÃO

A polpa de acerola foi o componente que mais contribuiu para aumentar o corpo da mistura. As formulações que apresentaram as maiores concentrações de polpa de acerola obtiveram as melhores notas para este atributo (Figura 1A).

A maior concentração de água de coco e o equilíbrio entre as porcentagens de polpa de abacaxi e de acerola influenciaram positivamente no sabor (Figura 2B) e na impressão global (Figura 1C).

De acordo com a Figura 1A pode-se observar que os valores de pH diminuem à medida que as concentrações de polpa de acerola e de abacaxi aumentam. Fato que pode ser justificado pelos baixos valores de pH das polpas de acerola e abacaxi. Brunini et al. (17) obtiveram valores de pH para polpa de acerola variando de 2,39 a 4,0, e Pelegrine et al. (18), apresentaram valores de pH para polpa de abacaxi de 3,5. Devido as polpas de frutas utilizadas na elaboração da bebida mista apresentarem pH entre 3,0 e 4,0, não foi necessário a adição de ácido cítrico na padronização das formulações.

Os resultados das análises químicas confirmaram o baixo

conteúdo de ácido ascórbico presente na formulação com 82,5% de água de coco, 15% de polpa de abacaxi e 2,5% de polpa de acerola, 17,96 mg/100mL (Tabela 5), que apresenta a maior concentração de água de coco, o que já era esperado, pois a água de coco não é considerada fonte de ácido ascórbico (19). Já a formulação com 65% de água de coco, 15% de polpa de abacaxi e 20% de polpa de acerola, apresentou um elevado conteúdo, 177,64 mg/mL, pois possuía a maior proporção de polpa de acerola. De acordo com a Figura 2B, o aumento da proporção de polpa de acerola nas formulações, contribuiu positivamente com o incremento da maior parte de ácido ascórbico encontrada na bebida mista. A adição de polpa de acerola pasteurizada pode ser utilizada como um recurso para melhorar a qualidade nutricional da bebida através do incremento de vitamina C de forma natural. Pesquisadores já vêm testando o uso de frutas ricas em vitamina C na elaboração de bebidas. Em estudo com adição de suco de acerola em abacaxi, Matsuura e Rolim (3) observaram que a mistura contendo 10 % de suco de acerola apresentou cerca de cinco vezes mais vitamina C do que o suco integral de abacaxi isoladamente.

TABELA 5  
Caracterização química das formulações da bebida mista de água de coco, polpas de abacaxi e de acerola

Formulações	Ácido Ascórbico (mg/100mL)	Carotenóides Totais (mg/100mL)	Fenólicos Totais (mg/100mL)	Antioxidantes Totais (µM Trolox/ g de suco)
1	17,96 ± 0,00	0,257 ± 0,08	43,70 ± 6,05	1,32 ± 0,04
2	19,46 ± 2,59	0,278 ± 0,01	44,62 ± 1,53	1,52 ± 0,08
3	177,64 ± 3,46	0,567 ± 0,04	150,79 ± 6,92	12,67 ± 0,21
4	23,45 ± 0,86	0,535 ± 0,10	46,30 ± 3,94	1,15 ± 6,04
5	95,81 ± 0,00	0,632 ± 0,04	112,88 ± 8,10	6,04 ± 0,02
6	92,81 ± 1,50	0,750 ± 0,07	125,02 ± 4,60	5,99 ± 4,60
7	70,86 ± 1,73	0,361 ± 0,18	55,14 ± 4,25	4,59 ± 0,06
8	44,91 ± 2,99	0,479 ± 0,00	48,50 ± 9,80	2,77 ± 0,14
9	34,93 ± 1,73	0,541 ± 0,01	29,60 ± 2,83	2,58 ± 0,02
10	82,33 ± 2,59	0,721 ± 0,06	94,24 ± 7,51	5,60 ± 0,03

Valores das médias de triplicatas + desvio padrão.

A média geral de ácido ascórbico foi de 66,02 mg/100mL, portanto o consumo de 200 mL de bebida mista supriria 293% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos de vitamina C, que é de 45 mg (20).

Os valores máximos encontrados para carotenóides totais (Tabela 5), correspondente as formulações 6 e 10, que apresentam em sua composição as menores porcentagens de água de coco, e um equilíbrio entre as porcentagens de polpas de abacaxi e acerola, enquanto os valores mínimos obtidos corresponderam as formulações 1 e 2, que possuem as menores porcentagens de polpa de acerola (Figura 2C). A média geral

obtida foi de 0,489 mg/100mL.

Sun et al. (21), ao determinarem atividade antioxidante de 11 frutos, concluíram que a contribuição da vitamina C foi baixa, onde a maior contribuição foi dos compostos fenólicos. Os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos (22). Embora a vitamina C seja considerada por alguns autores como o maior contribuinte na atividade antioxidante. A média dos valores de TEAC se correlaciona de forma positiva com a média dos valores de polifenóis.

A formulação com 65% de água de coco, 15% de polpa

de abacaxi e 20% de polpa de acerola, apresentou a maior atividade antioxidante com valor de 12,67 uM Trolox/ g de suco, fato que pode ser justificado por ela apresentar os maiores teores de fenólicos totais (150,79 mg/100mL), ácido ascórbico (177,64 mg/100mL) e carotenóides (0,567 mg/100mL). A correlação da atividade antioxidante foi maior com os teores de ácido ascórbico e fenólicos totais.

### CONCLUSÕES

A aceitação sensorial e as características físico-químicas da bebida mista de água-de-coco, abacaxi e acerola foi influenciada pela proporção de cada componente isolado (água-de-coco, polpa de abacaxi e polpa de acerola) e agrupados nas formulações.

Sugere-se a escolha da formulação com 65,0% de água de coco, 15,0% de polpa de abacaxi e 20,0% de polpa de acerola, com características nutricionais mais vantajosas, devido aos elevados teores de vitamina C, carotenóides, composto fenólicos, e atividade antioxidante total, já que não foram observadas diferenças entre as formulações nos atributos sensoriais.

A atividade antioxidante total apresentou correlação positiva ao conteúdo de compostos fenólicos.

### REFERÊNCIAS

- Carvalho JM, Maia GA, Figueiredo RW, Crisóstomo LA, Rodrigues S. Composição mineral de bebida mista a base de água de coco e suco de caju clarificado. *Boletim CEPPA*, Curitiba v. 24, n. 1, p. 1-12, 2006.
- Melo EA, Maciel MIS, Lima VLAG, Leal FLL, Caetano AC da S, Nascimento RJ. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. *Cienc Tecnol Aliment*, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.
- Matsuura FCAU, Rolim RB. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. *Rev Brás Frutic*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.138-141, 2002.
- Chaves MCV, Gouveia JPG, Almeida FAC, Leite JCA, Silva FLH. Caracterização físico-química do suco da acerola. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, v. 4, n. 2, p. 1-10, 2004.
- Carvalho JM, Maia GA, Figueiredo RW, Brito ES, Garruti D dos S. Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado. *Cienc Tecnol Aliment*, Campinas, n. 25, v. 4, p. 813-818, 2005.
- Silva FVG, Maia GA, Sousa PHM, Lima AS, Costa JMC, Figueiredo EAT. Avaliação da estabilidade de bebida mista elaborada com água de coco e suco de maracujá. *Acta Scientiarum. Technology Maringá*, v. 28, n. 2, p.191-197, 2006.
- Santos JCB, Boas EVBV, Prado MET, Pinheiro ACM. Avaliação do abacaxi “pérola” minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. *Cienc Agrotec, Lavras*, v. 29, n. 2, p.353-361, 2005.
- Brasil (2005). Resolução RDC n 273, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Misturas para o Preparo de Alimentos e Alimentos Prontos para o Consumo. D.O.U. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005. ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
- Jain SK, Khurdiya DS. Vitamin C enrichment of fruit juice based ready-to-serve beverages through blending of Indian gooseberry (*Emblica officinalis* Gaertn.) juice. *Plant Foods Hum Nutr*, Spring, v. 59, n. 2, p. 63-66. 2004.
- Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. *Sensory Evaluation Techniques*. 2 ed. Florida-USA: CRC Press, 1991, 354p.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemistry*. 12th ed. Washington, DC: 1992. 1015 p.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*, 2005. 1018p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Anal Chem*, Washington, v.31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- Cox HE, Person D. *Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1976. 331p.
- Higby WK. A simplified method for determination of some carotenoid distribution in natural and carotenoid fortified orange juice. *J Food Sci*, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.
- Re R, Pellegrine N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.
- Brunini MA, Macedo NB, Coelho CV, Siqueira GF. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. *Rev Brás Frutic*, v. 26, n. 3, p. 486-489, 2004.
- Pellegrine DH, Vidal JRMB, Gasparetto CA. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). *Cienc Tecnol Aliment*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 128-131, 2000.
- Aragão WM, Isberner IV, Cruz EMO. *Água-de-coco*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 32p. (Série Documentos 24).
- Brasil. Resolução RDC nº 269, 22 de Setembro de 2005. Aprovar o “Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais”. Diário Oficial da União de 23 de setembro de 2005. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2005.
- Sun J, Chu YF, Wu X, Liu RH. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *J Agric Food Chem*, v. 50, p. 7449-7454, 2002.
- Gardener, P. T.; White, T. A. C.; McPhail, D. B.; Duthie, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potencial of fruit juices. *Food Chem*, v.68, p.471-474, 2000.

Recibido: 05-05-2009

Aceptado: 24-08-2009

## FE DE ERRATAS

En el Número 2, Junio 2009, Volumen 59 de Archivos Latinoamericanos de Nutrición, en la página 154 correspondiente al manuscrito “**Prevalencia de hipovitaminose A em crianças da regio semi-árida de Alagoas (Brasil), 2007**” de los autores Alba M.

Alves Vasconcelos y Haroldo Da Silva Ferreira, la Tabla 1 aparece por error del autor, con números cambiados. Se reproduce a continuación la Tabla 1 en su versión correcta.

TABELA 1

Distribuição das crianças por faixa etária, níveis de retinol sérico e a condição em relação à hipovitaminose A. Região semi-árida de Alagoas, 2007

Faixa etária (meses)	n	Retinol sérico Média ± dp (IC95%)	Hipovitaminose A		RC (IC95%)
			Nãoa n (%)	Simb n (%)	
<12	105	22,7±13,0 (20,1 – 25,2)	58 (55,2)	47 (44,8)	1,18 (0,69-2,01)
12-23	126	22,3±15,2 (19,6 – 25,0)	62 (49,2)	64 (50,8)	1,50 † (0,91-2,48)
24-35	132	23,1±14,9 (20,5 – 25,7)	73 (55,3)	59 (44,7)	1,17 (0,71-1,93)
36-47	137	24,8±17,0 (21,9 – 27,7)	78 (56,9)	59 (43,1)	1,10 (0,67-1,80)
48-60	152	23,9±14,4 (21,6 – 26,2)	89 (58,6)	63 (41,4)	1
TOTAL	652	23,4±15,0 (22,3 – 24,6)	360 (55,2)	292 (44,8)	-

a. Níveis séricos de retinol  $\geq 20\mu\text{g/dL}$ ; b. Níveis séricos de retinol  $< 20\mu\text{g/dL}$  ( $0,70\ \mu\text{mol/L}$ ).  
n = número de crianças; RC = Razão de chances; IC95% = Intervalo de Confiança a 95%.  
† = Diferença marginalmente significativa ( $p=0,09$ )

En el Número 3, Septiembre 2009, Volumen 59 de Archivos Latinoamericanos de Nutrición, en la página 307 correspondiente al manuscrito “Etapas del cambio relacionadas con el consumo de frutas y verduras, actividad física y control del peso en estudiantes universitarios chilenos” de los autores Maria Angélica

Mardones H., Sonia Olivares C., Jacqueline Araneda F. y Nelly Gómez F., la Tabla 3 y la Tabla 4 aparecen iguales debido a equivocación del autor. Se reproduce a continuación la Tabla 4 recibida luego de la publicación del Número antes citado.

TABLA 4  
Etapas del cambio conductual según estado nutricional en estudiantes universitarios chilenos.  
(N=938)

Etapas de cambio de conducta	Estado Nutricional					
	Normal		Sobrepeso y Obeso		Total	
	n	%	n	%	n	%
Precontemplación	106	18,7	35	9,4	141	15
Contemplación	28	4,9	57	15,5	85	9,1
Preparación para la acción	0	0	0	0	0	0
Acción	80	14,1	136	36,9	216	23
Mantención	355	62,3	141	38,2	496	52,9

Chi<sup>2</sup> = 115,08      p < 0,000

# INFORMACION PARA LOS AUTORES

En 1950 el Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela edita su revista Archivos Venezolanos de Nutrición la cual en 1966 es donada a la recién creada Sociedad Latinoamericana de Nutrición, SLAN, para convertirse en su órgano oficial de divulgación Archivos Latinoamericanos de Nutrición, ALAN.

ALAN acoge en sus páginas trabajos de revisión, editoriales, conferencias y simposia y trabajos científicos originales sobre temas relacionados con alimentación y nutrición, entre ellos, ciencia y tecnología de alimentos, nutrición humana y animal, bioquímica nutricional aplicada, nutrición clínica y comunitaria, educación en nutrición y microbiología de alimentos.

Todos los artículos que se publican pasan por un proceso de arbitraje externo. El Comité Editorial no se hace responsable de los conceptos emitidos en los artículos aceptados para ser publicados y se reserva el derecho de no publicar los originales que no se ajusten a los lineamientos de la revista. No se devolverán originales ni se mantendrá correspondencia sobre aquellos que no sean publicados. ALAN se reserva los derechos de reproducción de los artículos seleccionados.

ALAN se acoge a las normas de los requisitos uniformes del Comité Internacional de Directores de Revistas Médicas (CIDRM), también conocido como el Grupo de Vancouver. A continuación se entrega un resumen de los aspectos más relevantes para la preparación de manuscritos que se presentan a las revistas biomédicas y se añaden algunas recomendaciones específicas para ALAN.

## Requisitos para la presentación de manuscritos

### Resumen de los requisitos técnicos

- Todas las partes del manuscrito estarán a doble espacio.
- Revise la secuencia: página del título, resumen y palabras clave, texto agradecimientos, referencias, cuadros (cada uno en página aparte), pies e epígrafes de las ilustraciones.
- Las ilustraciones se presentarán en forma de impresiones fotográficas sin tomar, y no deberán exceder de 203 x 254 mm.
- Incluya la autorización para reproducir material publicado con anterioridad o para usar ilustraciones en las que se pueda identificar a los sujetos humanos.
- Adjunte la transferencia de los derechos de autor y otros formularios.
- Presente el número exigido de copias impresas del artículo (ALAN exige original, 3 copias y el diskete correspondiente, en el caso de envío por correo postal).
- Para el envío por correo electrónico consulte las direcciones que aparecen en la primera contraportada de la revista.
- Guarde copias de todo lo que envíe.

### Principios generales

El texto de los artículos de observación y experimentales se divide generalmente, aunque no por fuerza, en secciones que llevan estos

encabezamientos: introducción, métodos, resultados y discusión. En los artículos largos puede ser necesario agregar subtítulos dentro de estas secciones, sobre todo en las de resultados y discusión, a fin de hacer más claro el contenido. Es probable que otro tipo de artículos -como los informes de casos, las revisiones y los editoriales- exijan otra estructura. Para mayor orientación, los autores deberán consultar la revista en la que pretenden publicar.

Mecanografíese el manuscrito en papel bond blanco de 216 x 280 mm. Usar doble espacio en todas las palabras del manuscrito -es decir, la portada, el resumen, el texto, los agradecimientos, las referencias, cada cuadro y los pies o epígrafes de las figuras-, así como márgenes amplios, permite que los editores, revisores y correctores corrijan el texto línea por línea y anoten observaciones y preguntas directamente en el original impreso. Si los manuscritos se presentan en formato electrónico, los archivos deben venir a doble espacio. Siempre numere las páginas.

### Portada

La portada debe llevar la siguiente información:

1) El título del artículo. Los títulos concisos son más fáciles de leer que los largos y enrevesados. Sin embargo, los títulos demasiado cortos pueden omitir información importante, como el diseño del estudio (que es particularmente importante para identificar los ensayos controlados aleatorizados). Los autores deben incluir en el título toda la información que permita que la recuperación electrónica del artículo sea al mismo tiempo sensible y específica; 2) Los nombres y la afiliación institucional de los autores. Algunas revistas publican el grado académico más alto de cada autor, mientras que otras no lo hacen; 3) El nombre de los departamentos e instituciones a los que debe atribuirse el trabajo; 4) Las cláusulas de descargo de responsabilidad, si las hubiera; 5) Los autores corresponsales. Hay que anotar el nombre, dirección postal, número de teléfono y de fax y dirección de correo electrónico del autor encargado de la correspondencia acerca del manuscrito (el "autor corresponsal"); 6) Nombre y dirección del autor a quien se dirigirán las solicitudes de separatas, o nota informativa de que los autores no las proporcionarán; 7) Procedencia del apoyo recibido en forma de subvenciones, equipo, medicamentos o todos ellos.

### Autoría

Para concederle a alguien el crédito de autor, hay que basarse únicamente en su contribución esencial por lo que se refiere a los siguientes aspectos: 1) la concepción y el diseño o bien el análisis y la interpretación de los datos; 2) la redacción del artículo o la revisión crítica de una parte importante de su contenido intelectual; y 3) la aprobación final de la versión que será publicada. Las tres condiciones tendrán que cumplirse siempre. La participación que consiste meramente en conseguir financiamiento o recoger datos no justifica

el crédito de autor. Tampoco basta con ejercer la supervisión general del grupo de investigación. Toda parte del artículo que sea decisiva con respecto a las conclusiones principales deberá ser responsabilidad de por lo menos uno de los autores. Los directores de revistas podrán solicitar a los autores que describan la contribución de cada uno; esa información puede ser publicada.

### Resumen y palabras clave

La segunda página incluirá un resumen que no sobrepasará las 250 palabras de extensión. En él indicaran los propósitos del estudio o investigación; los procedimientos básicos (selección de los sujetos o los animales de laboratorio incluidos en el estudio; métodos de observación y análisis); los hallazgos más importantes (proporcionense datos específicos y, de ser posibles, su significación estadística), y las conclusiones principales. Hágase hincapié en los aspectos nuevos e importantes del estudio o las observaciones.

A continuación del resumen agréguese, debidamente rotuladas, de 3 a 10 palabras o frases cortas clave que ayuden a los indizadores a clasificar el artículo, las cuales se publicarán junto con el resumen. ALAN exige que todo trabajo deberá acompañarse de un Resumen en inglés con sus palabras clave, "key words", si el trabajo original fuese en español, portugués o francés. Si el trabajo original es en inglés, el Resumen debe presentarse en español, con el título también en español e igualmente con sus palabras clave. Deberá leerse corrido no en secciones.

### Introducción

Proporcione el contexto o los antecedentes del estudio, es decir, la naturaleza del problema y su importancia. Enuncie la finalidad o el objetivo de investigación específico del estudio u observaciones, o bien la hipótesis que se ha puesto a prueba; el objetivo de investigación suele expresarse con más nitidez si se formula como una pregunta. Hay que expresar con claridad los objetivos principales y secundarios y describir todo análisis de subgrupos que haya sido especificado con anterioridad. Mencione las referencias estrictamente pertinentes y no incluya datos ni conclusiones del trabajo que está dando a conocer.

### Materiales y Métodos

Describa claramente la forma como se seleccionaron los sujetos observados o que participaron en los experimentos (pacientes o animales de laboratorio, incluidos los testigos). Identifique la edad, el sexo y otras características importantes de los sujetos. La definición y la pertinencia de la raza o el grupo étnico son ambiguos. Los autores deberán ser particularmente cuidadosos con respecto a usar estas categorías.

Identifique los métodos, los aparatos (nombre y dirección del fabricante entre paréntesis) y los procedimientos con detalles suficientes para que otros investigadores puedan reproducir los resultados. Proporcione referencias de los métodos acreditados, incluidos los de índole estadística (véase más adelante); dé referencias y explique brevemente los métodos ya publicados pero que no son bien conocidos; describa los métodos nuevos o que han sido sustancialmente modificados, manifestando las razones por las cuales se usaron y evaluando sus limitaciones. Identifique exactamente todos

los medicamentos y productos químicos utilizados, sin olvidar nombres genéricos, dosis y vías de administración.

Los informes de ensayos clínicos aleatorizados deberán presentar información sobre todos los elementos importantes del estudio. Para mayor información sobre estos aspectos, consulte la Sección J del Título III del documento que se indica al final.

**Estadística.** Describa los métodos estadísticos con detalles suficientes para que el lector versado en el tema y que tenga acceso a los datos originales pueda verificar los resultados presentados. Siempre que sea posible, cuantifique los resultados y preséntelos con indicadores apropiados de error o incertidumbre de la medición (por ej., intervalos de confianza). No dependa exclusivamente de las pruebas estadísticas de comprobación de hipótesis, tales como el uso de los valores P, que no transmiten información sobre la magnitud del efecto. Analice la elegibilidad de los sujetos de experimentación. Proporcione los detalles del proceso de aleatorización. Describa los medios utilizados para enmascarar las observaciones (método ciego), indicando los resultados que dieron. Informe sobre las complicaciones del tratamiento. Especifique el número de observaciones. Mencione las pérdidas de sujetos de observación (por ej., las personas que abandonan un ensayo clínico). Siempre que sea posible, las referencias sobre el diseño del estudio y los métodos estadísticos utilizados serán de trabajos vigentes (indicando el número de las páginas), y no de los artículos originales donde se describieron por vez primera. Especifique cualquier programa de computación de uso general que se haya empleado.

### Resultados

Presente los resultados siguiendo una secuencia lógica. No repita en el texto todos los datos de las Tablas ni de las ilustraciones; destaque o resuma tan solo las observaciones importantes.

Cualquier material adicional o complementario y los detalles técnicos pueden reunirse en un apéndice, de manera que estén accesibles pero sin interrumpir el flujo del texto; otra posibilidad es que dicho apéndice solo se publique en la versión electrónica de la revista.

Al resumir los datos en la sección de resultados, facilite los resultados numéricos no solo como derivados (por ej., porcentajes), sino también como los números absolutos a partir de los cuales se calcularon los derivados, y especifique los métodos estadísticos mediante los cuales se analizaron. Limite las Tablas y las Figuras al número necesario para explicar el argumento del artículo y evaluar los datos en que se apoya. Use gráficas en vez de cuadros subdivididos en muchas partes; no duplique los datos en las Gráficas y las Tablas. Evite el uso no técnico de términos de la estadística, tales como «al azar» (que entraña el empleo de un método de aleatorización), «normal», «significativo», «correlaciones» y «muestra».

### Discusión

Haga hincapié en los aspectos nuevos e importantes del estudio y en las conclusiones que se derivan de ellos. No repita con pormenores los datos u otra información ya presentados en las secciones de introducción y de resultados. Explique en la sección de discusión el significado de los hallazgos y sus limitaciones, incluidas sus implicaciones para la investigación futura. Relacione las observaciones con otros estudios pertinentes.

En el caso de estudios experimentales, es útil empezar la discusión resumiendo brevemente los resultados principales; luego, analizar los posibles mecanismos o explicaciones de estos resultados; comparar y contrastar los resultados con otros estudios pertinentes; señalar las limitaciones del estudio; y, por último, explorar las implicaciones de los resultados para la investigación futura y para la práctica clínica.

Establezca el nexo entre las conclusiones y los objetivos del estudio, pero absténgase de hacer afirmaciones generales y extraer conclusiones que no estén completamente respaldadas por los datos. En particular, los autores evitarán hacer afirmaciones sobre los beneficios y los costos económicos, a menos que su manuscrito incluya datos y análisis económicos adecuados. No reclame ningún tipo de precedencia ni mencione trabajos que no estén terminados. Proponga nuevas hipótesis cuando haya justificación para ello, pero identificándolas claramente como tales.

### Agradecimientos

Todos los colaboradores que no satisfagan los criterios de la autoría deben mencionarse en la sección de agradecimientos. Por ejemplo, se puede agradecer la ayuda de una persona que prestó ayuda estrictamente técnica, de alguien que ayudó con la redacción o del director de departamento que solo brindó apoyo general. También debe reconocerse el apoyo económico y material.

### Tablas

Mecanografía o imprima cada tabla a doble espacio y en hoja aparte. No presente las tablas en forma de impresiones fotográficas. Numérelas consecutivamente siguiendo el orden en que se citan por primera vez en el texto, y asigne un título breve a cada una. Cada columna llevará un encabezamiento corto o abreviado. Las explicaciones irán como notas al pie y no en el encabezamiento. En las notas al pie se explicarán todas las abreviaturas no usuales empleadas en cada cuadro. Como llamadas para las notas al pie, utilícese los símbolos siguientes en la secuencia que se indica: \*, †, ‡, \*\*, ††, †††.

Identifique las medidas estadísticas de variación, tales como la desviación estándar y el error estándar de la media. No trace líneas horizontales ni verticales en el interior de los cuadros. Cerciórese de que cada cuadro aparezca citado en el texto.

Al aceptar un artículo, el director podrá recomendar que las tablas suplementarias que contienen datos de respaldo importantes, pero que son muy extensas para publicarlas, queden depositadas en un servicio de archivo, como el Servicio Nacional de Publicaciones Auxiliares en los Estados Unidos, o que sean proporcionadas por los autores a quien lo solicite. En tal caso, se agregará en el texto la nota informativa necesaria. Dichos tablas se presentarán junto con el artículo para su consideración por parte de los árbitros.

### Ilustraciones (figuras)

Envíe los juegos completos de figuras en el número requerido por la revista. Las figuras estarán dibujadas y fotografiadas en forma profesional; no se aceptarán los letreros trazados a mano o con máquina de escribir. En lugar de los dibujos, radiografías y otros materiales de ilustración originales, envíe impresiones fotográficas en blan-

co y negro, bien contrastadas, en papel satinado y que midan 127 x 173 mm, sin exceder de 203 x 254 mm. Las letras, números y símbolos serán claros y uniformes en todas las ilustraciones; tendrán, además, un tamaño suficiente para que sigan siendo legibles incluso después de la reducción necesaria para publicarlos. Los títulos y las explicaciones detalladas se incluirán en los pies o epígrafes, no sobre las propias ilustraciones. Al reverso de cada figura pegue una etiqueta de papel que lleve anotados el número de la figura, el nombre del autor y cuál es la parte superior de la misma.

Las figuras se numerarán en forma consecutiva de acuerdo con su primera mención en el texto. Si la figura ya fue publicada, se reconocerá la fuente original y se presentará la autorización por escrito que el titular de los derechos de autor concede para reproducirla. Este permiso es necesario, independientemente de quién sea el autor o la editorial; la única salvedad son los documentos considerados como de dominio público.

### Unidades de medida

Las medidas de longitud, talla, peso y volumen se expresarán en unidades del sistema métrico decimal (metro, kilogramo, litro, etc.) o sus múltiplos y submúltiplos.

Las temperaturas se consignarán en grados Celsius. Los valores de presión arterial se indicarán en milímetros de mercurio.

Todos los valores hemáticos y de química clínica se presentarán en unidades del sistema métrico decimal y de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). La redacción de la revista podrá solicitar que, antes de publicar el artículo, los autores agreguen unidades alternativas o distintas de las del SI.

### Abreviaturas y símbolos

Utilice únicamente abreviaturas corrientes. Evite las abreviaturas en el título y el resumen. Cuando se emplee por primera vez una abreviatura en el texto, irá precedida del término completo, salvo si se trata de una unidad de medida común.

### Referencias

Numere las referencias consecutivamente siguiendo el orden en que se mencionan por primera vez en el texto. En este, en los cuadros y en los pies o epígrafes de las ilustraciones, las referencias se identificarán mediante números arábigos entre paréntesis. Las referencias citadas solamente en cuadros o ilustraciones se numerarán siguiendo una secuencia que se establecerá por la primera mención que se haga en el texto de ese cuadro o esa figura en particular.

Consulte el formato que la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos usa en el *Index Medicus*. Abrevie los títulos de las revistas de conformidad con el estilo utilizado en dicha publicación. Consulte la *List of Journals Indexed in Index Medicus* [Lista de revistas indizadas en *Index Medicus*], que se publica anualmente. La lista se puede obtener asimismo en el sitio que la biblioteca mantiene en la World Wide Web <http://www.nlm.nih.gov/>

Las referencias a artículos que han sido aceptados pero que todavía no se publican se designarán como «en prensa» o «de próxima aparición»; los autores obtendrán por escrito el permiso para citar dichos artículos y también la verificación de que han sido aceptados para publicación.

No cite una «comunicación personal» a menos que aporte información esencial que no pueda obtenerse de una fuente pública; en ese caso, el nombre de la persona y la fecha de la comunicación aparecerán entre paréntesis en el texto.

Todas las referencias deberán presentarse de modo correcto y completo. La veracidad de la información contenida en ésta sección es responsabilidad del autor (de los autores).

## EJEMPLOS

### Artículos de revistas

#### 1. Artículo estándar

##### *Hasta seis autores:*

Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. *N Engl J Med.* 2002;347:284-7.

##### *Más de seis autores:*

Rose ME, Huerbin MB, Melick J, Marion DW, Palmer AM, Schiding JK, et al. Regulation of interstitial excitatory amino acid concentrations after cortical contusion injury. *Brain Res.* 2002;935(1-2):40-6.

#### 2. Institución como autor

Diabetes Prevention Program Research Group. Hypertension, insulin, and proinsulin in participants with impaired glucose tolerance. *Hypertension.* 2002;40(5):679-86.

#### 3. No se indica el nombre del autor

21st century heart solution may have a sting in the tail. *BMJ.* 2002;325(7357):184.

#### 4. Suplemento de un volumen

Geraud G, Spierings EL, Keywood C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache.* 2002;42 Suppl 2:S93-9.

#### 5. Suplemento de un número

Glauser TA. Integrating clinical trial data into clinical practice. *Neurology.* 2002;58(12 Suppl 7):S6-12.

#### 6. Parte de un volumen

Abend SM, Kulish N. The psychoanalytic method from an epistemological viewpoint. *Int J Psychoanal.* 2002;83(Pt 2):491-5.

#### 7. Parte de un número

Ahrar K, Madoff DC, Gupta S, Wallace MJ, Price RE, Wright KC. Development of a large animal model for lung tumors. *J Vasc Interv Radiol.* 2002;13(9 Pt 1):923-8.

#### 8. Artículo publicado en formato electrónico antes que en versión impresa

Yu WM, Hawley TS, Hawley RG, Qu CK. Immortalization of yolk sac-derived precursor cells. *Blood.* 2002 Nov 15;100(10):3828-31. Epub 2002 Jul 5.

### Libros y otras monografías

#### 9. Autores individuales

Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. *Medical microbiology.* 4th ed. St. Louis: Mosby; 2002.

#### 10. Directores (“editores”), compiladores como autores

Gilstrap LC 3rd, Cunningham FG, VanDorsten JP, editors. *Operative obstetrics.* 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2002..

#### 11. Autor (es) y editor (es)

Breedlove GK, Schorfheide AM. Adolescent pregnancy. 2nd ed. Wiczorek RR, editor. White Plains (NY): March of Dimes Education Services; 2001.

#### 12. Institución (es) como autor

Royal Adelaide Hospital; University of Adelaide, Department of Clinical Nursing. *Compendium of nursing research and practice development, 1999-2000.* Adelaide (Australia): Adelaide University; 2001.

#### 13. Capítulo de libro

Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler KW, editors. *The genetic basis of human cancer.* New York: McGraw-Hill; 2002. p. 93-113.

#### 14. Tesis

Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a telephone survey of Hispanic Americans [dissertation]. Mount Pleasant (MI): Central Michigan University; 2002.

#### 15. Patente

Pagedas AC, inventor; Ancel Surgical R&D Inc., assignee. Flexible endoscopic grasping and cutting device and positioning tool assembly. United States patent US 20020103498. 2002 Aug 1.

### Otros tipos de publicaciones

#### 16. Artículo de periódico

Tynan T. Medical improvements lower homicide rate: study sees drop in assault rate. *The Washington Post.* 2002 Aug 12;Sect. A:2 (col. 4).

#### 17. Documentos legales

Ley pública:  
Veterans Hearing Loss Compensation Act of 2002, Pub. L. No. 107-9, 115 Stat. 11 (May 24, 2001).

**Material en soporte electrónico***18. CD-ROM*

Anderson SC, Poulsen KB. Anderson's electronic atlas of hematology [CD-ROM]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.

*19. Artículo de revista en Internet*

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. Am J Nurs [serial on the Internet]. 2002 Jun [cited 2002 Aug 12];102(6):[about 3 p.]. Available from: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm>

**Costo por página**

Debido a los altos costos de impresión y publicación, ALAN ha estipulado dentro de su política editorial, el cobro de U.S. \$ 15 por concepto de página publicada, suma que deberá ser agenciada por los autores a través de sus subvenciones de investigación o ante las instituciones donde prestan sus servicios. Se hace notar sin embargo, que este costo por página no condicionará de manera alguna la aceptación y publicación del trabajo, lo cual estará dado por los méritos del mismo.

Por motivo de no existir al presente una traducción oficial al español, se transcribe por razones de espacio, sólo los títulos que comprenden la versión actualizada a Octubre de 2008, del documento que sigue. Para una lectura completa de esta versión, los autores deben acudir al siguiente sitio <http://www.icmje.org>

**UNIFORM REQUIREMENTS FOR MANUSCRIPTS SUBMITTED TO BIOMEDICAL JOURNALS: WRITING AND EDITING FOR BIOMEDICAL PUBLICATION. Updated October 2008.**

- I. Statement of Purpose
  - A. About the Uniform Requirements
  - B. Potential Users of the Uniform Requirements
  - C. How to Use the Uniform Requirements
- II. Ethical Considerations in the Conduct and Reporting of Research
  - A. Authorship and Contributorship
    1. Byline Author
    2. Contributors Listed in Acknowledgements
  - B. Editorship
    1. The Role of the Editor
    2. Editorial Freedom
  - C. Peer Review
  - D. Conflict of Interest
    1. Potential Conflicts of Interest Related to Individual Author's Commitments
    2. Potential Conflicts of Interest Related to Project Support
    3. Potential Conflicts of Interest Related to Commitments of Editors, Journal Staff, or Reviewers
  - E. Privacy and Confidentiality
    1. Patients and Study Participants
    2. Authors and Reviewers
  - F. Protection of Human Subjects and Animals in Research

**III. Publishing and Editorial Issues Related to Publication in Biomedical Journals**

- A. Obligation to Publish Negative Studies
- B. Corrections, Retractions and "Expressions of Concern".
- C. Copyright
- D. Overlapping Publications
  1. Duplicate Submission
  2. Redundant Publication
  3. Acceptable Secondary Publication
  4. Competing Manuscripts based on the Same Study
    - a. Differences in Analysis or Interpretation
    - b. Differences in Reported Methods or Results
  5. Competing Manuscripts Based on the Same Database
- E. Correspondence
- F. Supplements, Theme Issues and Special Series
- G. Electronic Publishing
- H. Advertising
- I. Medical Journals and the General Media
- J. Obligation to Register Clinical Trials

**IV. Manuscript Preparation and Submission**

- A. Preparing a Manuscript for Submission to Biomedical Journals
  1. a. General Principles
  - b. Reporting Guidelines for Specific Study Designs
  2. Title Page
  3. Conflict of Interest Notification Page
  4. Abstract and Key Words
  5. Introduction
  6. Methods: a) Selection and Description of Participants.
    - b) Technical Information.
    - c) Statistics
  7. Results
  8. Discussion
  9. References.
    - a) General Considerations Related to References.
    - b) Reference Style and Format
  10. Tables
  11. Illustration (Figures)
  12. Legends for Illustrations (Figures)
  13. Units of Measurements
  14. Abbreviations and Symbols
- B. Sending the Manuscript to the Journal

**V. References**

- A. Print References Cited in this Document
- B. Other Sources of Information Related to Biomedical Journals

**VI. About the International Committee of Medical Journal Editors**

**VII. Authors of the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biochemical Journals**

**VIII. Use, Distribution and Translation of the Uniform Requirements**

**IX. Inquires**

# INDICE GENERAL DEL VOLUMEN 59-2009

	Páginas
<b>ARTICULOS GENERALES</b>	
<b>Evolution and trends of the dietetics profession in the United States of America and in Argentina: North and South united by similar challenges</b> <i>Romina L. Barritta de Defranchi, Jennifer K. Nelson</i> .....	113
<b>Asociación entre riesgo cardiovascular y consumo de licopeno en mujeres pre y postmenopáusicas</b> <i>María Elena Torresani</i> .....	120
<b>First Law regulating school canteens in Brazil: evaluation after seven years of implementation</b> <i>Cristine Garcia Gabriel, Francisco de Assis Guedes de Vasconcelos, Dalton Francisco de Andrade, Bethsáida de Abreu Soares Schmitz</i> .....	128
<b>Cambios en el índice de masa corporal en adolescentes y adultas entre el embarazo y el posparto</b> <i>María Cecilia Severi T, Rafael Alonso, Eduardo Atalah S.</i> .....	227
<b>Caracterización de un modelo en ratas, útil en el estudio de las consecuencias nutricionales de la diarrea</b> <i>Olga Carolina Aristimuño, Anna María Cioccia, Marlén Gutiérrez, Diamela Carías y Patricio Hevia</i> .....	235
<b>Efecto del ácido linoleico conjugado (CLA) sobre el perfil lipídico en humanos</b> <i>Mayi Agueda, María Ángeles Zulet, José Alfredo Martínez</i> .....	245
<b>Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia</b> <i>Ofelia Angulo y Michael O'Mahony</i> .....	349
<b>Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales</b> <i>Ana María Domínguez-Vergara, Luz Vázquez-Moreno, Gabriela Ramos-Clamont Montfort</i> .....	358
<b>PERSPECTIVA</b>	
<b>Intervenciones aleatorias controladas basadas en las escuelas para prevenir la obesidad infantil: revisión sistemática de 2006 a 2009</b> <i>M.E. Pérez-Morales, M. Bacardí-Gascón, A. Jiménez-Cruz y A. Armendáriz-Anguiano</i> .....	253
<b>Peso de nacimiento y posterior estado nutricional, desarrollo cognitivo y actividad ocupacional: una revisión crítica</b> <i>S. Villegas, R. Ivanovic, H. Pérez, A. Almagià, MS Urrutia, M. del P Rodríguez, C. Larraín, D. Ivanovic</i> .....	369
<b>TRABAJOS DE INVESTIGACION</b>	
<b>Salud Pública</b>	
<b>Un enfoque para un problema sanitario y social: yodurias en embarazadas de una región yododeficiente</b> <i>Jorge L. Olivares, Valeria A. Ortiz, Marcos Mayer, Cecilia I. Demaria, Ester Nancucheo, Juan C. Cresto</i> .....	378
<b>Nutrición y Obesidad</b>	
<b>Evolución y calidad de la alimentación de mujeres con obesidad severa y mórbida sometidas a bypass gástrico</b> <i>Annabella Rebolledo, Karen Basfi-fer, Pamela Rojas, Juana Codoceo, Jorge Inostroza, Fernando Carrasco, Manuel Ruz</i> .....	7
<b>Calcium intake and its relationship with risk of overweight and obesity in adolescents</b> <i>Tamara Beres Lederer Goldberg, Carla Cristiane da Silva, Luciana Natal Lopes Peres, Marina Nogueira Berbel, Márcia Braz Heigasi, Josy Maria Cabral Ribeiro, Karina Suzuki, Liene Mílcia Aparecida Josué, José Carlos Dalmas</i> .....	14
<b>Fatores socioeconômicos associados ao excesso de peso em população de baixa renda do Nordeste brasileiro</b> <i>Janine Maciel Barbosa, Poliana Coelho Cabral, Pedro Israel Cabral de Lira, Telma Maria de Menezes Toledo Florêncio</i> .....	22

<b>Estado nutricional de preescolares asistentes a la Junta Nacional de Jardines Infantiles de Chile: evaluación de la concordancia entre indicadores antropométricos de obesidad y obesidad central</b> <i>Yareni Gutiérrez-Gómez, Juliana Kain, Ricardo Uauy, Marcos Galván, Camila Corvalán</i> .....	30
<b>Nutrición y Tercera Edad</b>	
<b>Estado nutricional de la población mayor de Cataluña de diferentes niveles asistenciales</b> <i>Pilar Jürschik Jiménez, Joan Torres Puig-gros, Román Solá Martí, Carmen Nuin Órreo, Teresa Botigüé Satorra</i> ...	38
<b>Evaluación del riesgo nutricional mediante el MNA en una población anciana no institucionalizada</b> <i>J. De la Montaña Miguélez, C. Areal Salve, M. Míguez Bernárdez</i> .....	390
<b>Retinolemia, consumo de vitamina A e pressão arterial em idosos</b> <i>Mellina Neyla de Lima Albuquerque, Alcides da Silva Diniz, Ilma Kruze Grande de Arruda</i> .....	396
<b>Nutrición Humana</b>	
<b>Prevalencia de deficiencia de hierro y de anemia por deficiencia de hierro en adolescentes embarazadas del noroeste de México, 2007-2008</b> <i>Rosa Olivia Méndez Estrada, Bertha Pacheco, Hypathia Noriega Verdugo, Luis Quihui, Guadalupe Morales, Mauro E Valencia J.</i> .....	147
<b>Prevalência de hipovitaminose A em crianças da região semi-árida de Alagoas (Brasil), 2007</b> <i>Alba Maria Alves Vasconcelos, Haroldo Da Silva Ferreira</i> .....	152
<b>Estado nutricional en la telarquía y menarquía de adolescentes chilenas indígenas y no indígenas</b> <i>Hugo Amigo, Thais Costa Machado, Patricia Bustos.</i> .....	260
<b>Estado nutricional de vitamina A en preescolares con padecimientos oculares</b> <i>Emma T. Villaseñor-Fierro, Edgar Vásquez-Garibay, Enrique Romero-Velarde, Miguel Kumazawa-Ichikawa, Salvador Villalpando-Hernández, Ezequiel Vélez-Gómez</i> .....	266
<b>Nutrición Infantil</b>	
<b>Efecto de una bebida láctea con DHA en la composición de ácidos grasos del glóbulo rojo, de la leche materna y en el recién nacido</b> <i>Eduardo Atalah S, Marcela Araya B, Gastón Rosselot P, Héctor Araya L, Gloria Vera A, Ramón Andreu R, Catalina Barba G, Lorena Rodríguez</i> .....	271
<b>Índice de sustancia activa (AKS) distribución percentilar en edades pediátricas</b> <i>Gladys Henriquez-Pérez, Ingrid Rached-Paoli, Arelis Azuaje-Sánchez</i> .....	383
<b>Nutrición Clínica</b>	
<b>Micronutrient supplementation may reduce symptoms of depression in Guatemalan women</b> <i>Phuong H. Nguyen, Ruben Grajeda, Paul Melgar, Jessica Marcinkevage, Ann M. DiGirolamo, Rafael Flores, Reynaldo Martorell</i> .....	278
<b>Educación en Nutrición</b>	
<b>Motivaciones y barreras para consumir 5 porciones de frutas y verduras al día en madres de escolares y profesores de enseñanza básica</b> <i>Sonia Olivares C., Lydia Lera M., María Angélica Mardones H., Jacqueline Araneda F, María Antonieta Olivares C., María Ester Colque M.</i> .....	166
<b>Beneficios y barreras percibidos por adolescentes mexicanos para el consumo de frutas y verduras</b> <i>San Juana López-Guevara, Yolanda Flores-Peña, Hermelinda Ávila-Alpírez, Esther C. Gallegos-Cabriales, Raquel A. Benavides-Torres, Ricardo M. Cerda-Flores</i> .....	174
<b>Etapas del cambio relacionadas con el consumo de frutas y verduras, actividad física y control del peso en estudiantes universitarios chilenos</b> <i>María Angélica Mardones H., Sonia Olivares C., Jacqueline Araneda F, Nelly Gómez F.</i> .....	304

## Bioquímica Nutricional

<b>Increase in digestive organs of rats due to the ingestion of dietary fiber with similar solubility to that of common bean</b> <i>Telma Angelina Faraldo Corrêa, Soely Maria Pissini Machado Reis and Admar Costa de Oliveira</i> .....	47
<b>Associação entre medidas de adiposidade, variáveis demográficas e bioquímicas com os níveis séricos de proteína C-reativa em população rural</b> <i>Amanda Carla Fernandes, Andrea Gazzinelli, Gustavo Velásquez-Meléndez</i> .....	54
<b>Comparing the impact of chronic energy restriction and vitamin E supplementation on the behavior of adult rats</b> <i>Derlange B. Diniz, Suzana L. de Oliveira, Liana L. Melo, Jaime Amaya-Farfan</i> .....	287
<b>Adiponectina, insulina y glicemia, en individuos con sobrepeso u obesidad sometidos a un régimen de alimentación rico en carbohidratos complejos</b> <i>Dora Cristina González Rodríguez, Liseti Solano R., Julio César González Martínez</i> .....	296

## Leche Materna. Composición

<b>Acidos grasos de la leche materna madura de mujeres venezolanas de estratos socioeconómicos bajos: Influencia de la temperatura y tiempo de almacenamiento</b> <i>Virgilio Bosch, Iván Golfetto, Hilda Alonso, Zuly Laurentin, Mercedes Materan y Ninoska García</i> .....	61
<b>Macronutrientes en leche de madres desnutridas</b> <i>Thais Álvarez de Acosta, María Rossell-Pineda, Isabel Cluet de Rodríguez, Emiro Valbuena, Edgar Fuenmayor</i> ...	159

## Obesidad Infantil

<b>Prevención de obesidad en preescolares y escolares de escuelas Municipales de una Comuna de Santiago de Chile: proyecto piloto 2006</b> <i>Juliana Kain, Fernando Concha, Gabriela Salazar, Bárbara Leyton, María del Pilar Rodríguez, Ximena Ceballos, Fernando Vio</i> .....	139
--	-----

## Inocuidad de Alimentos

<b>Diseño de un plan HACCP en el procesamiento industrial de sardinas congeladas</b> <i>Patricia Rosas y Genara Reyes</i> .....	310
--	-----

## Microbiología de Alimentos

<b>Caracterización de cepas de <i>Listeria monocytogenes</i> realizados a partir de queso fresco proveniente de diferentes zonas productoras costarricenses</b> <i>Carolina Chaves y María Laura Arias</i> .....	66
<b>Identificación, cuantificación y determinación del perfil de sensibilidad a antibióticos de bacterias prebióticas adicionadas a productos de consumo frecuente en Costa Rica</b> <i>Manuela Córdoba, Carolina Chaves y María Laura Arias</i> .....	179
<b>Frecuencia de <i>Listeria monocytogenes</i> en muestras de tomates (<i>Lycopersicon esculentum</i>) y cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) frescos en tres supermercados de Valencia. Venezuela</b> <i>Luis Guillermo Ramírez Mérida, Alba Morón de Salim, Ana Yudith Alfieri Graterol y Orlando Gamboa</i> .....	318
<b>Detección de <i>Bacillus cereus</i> toxigénicos en productos lácteos con especias y leches deshidratadas colectadas en Costa Rica</b> <i>Walter Blanco, María Laura Arias, Cristian Pérez, César Rodríguez, Carolina Chaves</i> .....	402

## Consumo de Alimentos

<b>Diferencias étnicas y de aculturación en el consumo de alimentos en la Región Metropolitana de Santiago, Chile</b> <i>Berta Schnettler, Valeska Huaiquiñir, Marcos Mora, Horacio Miranda, José Sepúlveda y Marianela Denegri</i> .....	407
--	-----

## Ciencia de Alimentos

<b>Desarrollo y transferencia tecnológica de pastas funcionales extendidas con leguminosas</b>	
<i>Marisela Granito, Vanesa Ascanio</i> .....	71
<b>Avaliação de diferentes métodos de extração lipídica sobre a composição de ácidos graxos poliinsaturados em leite de vaca</b>	
<i>Ivane Benedetti Tonial, Makoto Matsushita, Nilson Evelázio de Souza, João Ângelo de Lima Perini, Damila Rodrigues de Moraes, Fernanda Araújo Bani, Jesuí Vergílio Visentainer</i> .....	78
<b>Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (<i>Gevuina avellana</i>, Mol) y harina de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd)</b>	
<i>Mario Villarroel, Carolina Huiriqueo, Julia Hazbun, Diego Carrillo</i> .....	184
<b>Uso de harina de cotiledón de algarrobo (<i>Prosopis chilensis</i> (Mol) Stuntz) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas</b>	
<i>Berta Escobar, Ana María Estévez A., Carolina Fuentes G., Daniela Venegas F.</i> .....	191
<b>Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca</b>	
<i>Diracy Betânia C. L. Lacerda, Júnior Manoel Soares Soares, Priscila Zaczuk Bassinello, Beatriz Santos Siqueira, Selma Nakamoto Koakuzu</i> .....	199
<b>Evaluación física y química de filetes de bagre (<i>Pseudoplatystoma</i> sp.) salados en salmuera empacados al vacío y almacenados en refrigeración</b>	
<i>Diana Rodríguez, Marinela Barrero, Makie Kodaira</i> .....	206
<b>Composición química del aceite virgen obtenido por extracción mecánica de algunas variedades de uva (<i>Vitis vinifera</i> L.) con énfasis en los componentes minoritarios</b>	
<i>Petra Beatriz Navas H.</i> .....	214
<b>Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales</b>	
<i>Alexis N. Visentín, Silvina R. Drago, Carlos A. Osella, María A. de la Torre, Hugo D. Sánchez y Rolando J. González..</i> .....	325
<b>Formulación de alimentos para celíacos en base a mezclas de harinas de quinoa, cereales y almidones</b>	
<i>Valeria Del Castillo, Gerardo Lescano, Margarita Armada</i> .....	332
<b>Efeito do processamento na atividade antioxidante do grão de amaranto (<i>Amaranthus cruentus</i> L. BRS-Alegria)</b>	
<i>Yara Severino de Queiroz, Rosana Aparecida Manólio Soares, Vanessa Dias Capriles, Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres, José Alfredo Gomes Áreas</i> .....	419
<b>Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal</b>	
<i>Castillo V.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J.</i> .....	425

## Tecnología de Alimentos

<b>Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo</b>	
<i>Sila Mary Rodrigues Ferreira, Paola Cordeiro Luparelli, Maria Eliana Madalozzo Schieferdecker, Regina Maria Vilela</i> .....	433
<b>Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola</b>	
<i>Ana Carolina da Silva Pereira, Ana Maria de Abreu Siqueira, Josefranci Moraes de Farias, Geraldo Arraes Maia, Raimundo Wilane de Figueiredo, Paulo Henrique Machado de Sousa</i> .....	441

## LatinFood. Composición de Alimentos

<b>Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto</b>	
<i>Brenda Rodas, Ricardo Bressani</i> .....	82
<b>Chemical characterization, antioxidant properties, and volatile constituents of naranjilla (<i>Solanum quitoense</i> Lam.) cultivated in Costa Rica</b>	
<i>Óscar Acosta, Ana M. Pérez, Fabrice Vaillant</i> .....	88
<b>Contenido de sulforafano (<i>1-isotiocianato-4-(metilsulfinil)-butano</i>) en vegetales crucíferos</b>	
<i>Olga N. Campas-Baypoli, Carolina Bueno-Solano, Diana M. Martínez-Ibarra, Francisco Camacho-Gil, Alma G. Villa-Lerma, Jesús R. Rodríguez-Núñez, Jaime López-Cervantes, Dalia I. Sánchez-Machado</i> .....	95

<b>Activity and contents of polyphenolic antioxidants in the whole fruit, flesh and peel of three apple cultivars</b> <i>Francilene Gracieli Kunradi Vieira, Graciele da Silva Campelo Borges, Cristiane Copetti, Luciano Valdemiro Gonzaga, Eduardo da Costa Nunes, Roseane Fett</i> .....	101
<b>Composição lipídica do molusco marinho berbigão <i>Anomalocardia brasiliana</i> (Gmelin, 1791)“in natura” e cozido</b> <i>Mariana Vincenzi Aveiro, Daniel Barrera-Arellano, Vera Lúcia Cardoso Garcia Tramonte</i> .....	337
<b>NUEVOS LIBROS</b> .....	342
<b>NOTAS NECROLOGICAS</b> .....	220
<b>FE DE ERRATAS</b> .....	448
<b>INFORMACION PARA LOS AUTORES</b> .....	107,222,343,450

## INDICE POR MATERIAS DEL VOLUMEN 59-2009

**Páginas**

### A

Absorción macronutrientes y energía .....	235
Aceite .....	82
Aceite virgen .....	214
Aceptabilidad sensorial .....	191
Acidos grasos .....	78, 82,337
Acidos grasos n-3 .....	61
Acido linoleico conjugado .....	245
Actitudes .....	166
Actividad antioxidante .....	101, 419
Actividad física .....	304
Actividad ocupacional. ....	369
Aculturación .....	407
Adecuación dietética .....	7
Adiponectina .....	296
Adolescencia .....	14
Adolescentes .....	174, 227
Adolescentes embarazadas .....	147
Alagoas .....	152
Alimentos .....	407
Alimentos formulados .....	332
Almacenamiento .....	61
Almidón .....	425
<i>Amaranthus cruentus</i> .....	419
Amaranto en grano crudo y procesado .....	82
Anemia .....	147
<i>Anomalocardia brasiliiana</i> .....	337
Antioxidantes .....	88,120
Antioxidante total .....	441
Antocianinas .....	101
Antropometría .....	30, 54, 383
Aplicabilidad de la ley .....	128
Aporte calórico .....	191
Aptitud física .....	139
Avaliação sensorial .....	199

### B

<i>Bacillus cereus</i> .....	402
Bacterias probióticas .....	178
Bagre .....	206
Baixa renda .....	22
Barreras .....	174
Beneficios .....	174
Brasil .....	152
Brócoli .....	95
Bypass gástrico .....	7

**C**

Caseína .....	47
Celíacos .....	332
Centros asistenciales .....	38
Chile .....	30, 139,407
Cilantro .....	318
Circunferencia craneana .....	369
Calidad sensorial .....	184
Cantinas escolares .....	128
Colesterol .....	245
Complementación proteica .....	191
Comportamiento .....	287
Composição centesimal .....	199
Composición corporal .....	260,383
Composición química .....	88
Compuestos volátiles.....	88
Concentración de lactosa .....	235
Consumo alimento .....	235
Consumo de frutas y verduras .....	166,304,174
Consumo humano .....	178
Control del peso .....	304
Control microbiológico .....	318
Cookies sem glúten .....	433
Crecimiento .....	235

**D**

Deficiencia de hierro .....	147
Deficiência de vitamina A .....	152,266
Depresión .....	278
Desarrollo de productos .....	191
Desenvolvimento de produto .....	199
Desnutridas.....	159
DHA .....	271
Dializabilidad .....	325
Dieta .....	296,287
Dieta antioxidante .....	287
Dietética internacional .....	113
Disfunción tiroidea gestacional .....	378
Disponibilidad de minerales .....	325
Distribución percentilar .....	383
Doenças cardiovasculares .....	54
Doença celíaca .....	433

**E**

Embarazo, .....	227,271
Empaque .....	206
EPA .....	271
Escolar .....	383
Escualeno .....	82
Estado nutricional .....	30,227,260,304,369,390
Esteróis .....	337
Estrategias .....	128
Estrategias cognitivas.....	349
Estrato socioeconómico .....	61
Estudiantes universitarios .....	304

Etapas del cambio .....	166,304
Eutróficas .....	159
Evaluación nutricional .....	383
Evaluación sensorial .....	349
Experimentos aleatorizados .....	278
Extracción mecánica .....	214

## F

Fatores de risco .....	54
Farinha de sorgo .....	433
Fenólicos totais .....	419
Frecuencia de consumo .....	407
Frutas y verduras, consumo.....	174,166,304
Leche materna madura .....	159
Lisina disponible .....	191
Fenoles .....	101
Fibra .....	296
Fibra dietética .....	47
Flavanoles .....	101
Folato .....	278
Fortificación .....	271
Frijol común .....	47
Fructooligosacáridos .....	358

## G

Galactooligosacáridos .....	358
Galletas para celíacos .....	184
Gasto mensual .....	407
Gelatinización .....	425
Glucorafanina .....	95
Guatemala .....	278

## H

Hábitos alimentarios .....	128
HACCP .....	310
Harina de quinoa .....	184,332
Harina de soja .....	325
Harina desgrasada de avellana chilena .....	184
Hipertensão .....	396
Historia de la nutrición .....	113
HPLC. ....	95

## I

Idoso .....	396
IMC materno posparto .....	227
Índice de sustancia activa .....	383
Indígenas .....	260
Infecciones.....	358
Ingesta de yodo .....	378
Ingestión de calcio .....	14
Inocuidad .....	310
Inteligencia .....	369
Intervenciones aleatorias controladas basadas en las escuelas .....	253
Inulina .....	358

Invasión .....	66
<b>L</b>	
Lactancia .....	271
Leche deshidratada .....	402
Leche materna .....	61
Leguminosas .....	71
Leite de vaca .....	78
Licopeno .....	120
Lipídios .....	337
Lipídios totais .....	78
Lipoproteína(a) .....	245
<i>Listeria monocytogenes</i> .....	66,318
<b>M</b>	
Macronutrientes .....	159
Madres de escolares .....	166
Manzana .....	101
Mapuche .....	407
Menarquia .....	260
Menopausia .....	120
Metabolismo lipídico .....	245
Metodología Taguchi .....	184
Métodos de extração .....	78
Mezcla de harinas .....	332
Micronutrientes .....	278
Minerales .....	7,199
Mini encuesta Nutricional del Anciano (MNA) .....	38
Mini Nutritional Assessment (MNA) .....	390
Modelo Thurstoniano .....	349
Molusco marinho .....	337
Mujeres en edad reproductiva .....	278
<b>N</b>	
Niños de bajos recursos .....	30
Nixtamalización .....	425
Nutrición .....	38
Nutrición en Argentina .....	113
<b>O</b>	
Obesidad .....	7,14,22,30,54,296
Obesidad central .....	30
Obesidad infantil .....	139,253
Oligosacáridos prebióticos .....	358
Omega-3 .....	271
Optimización .....	184
Organos digestivos .....	47
<i>Oryza sativa</i> L. ....	199
<b>P</b>	
Padecimiento ocular .....	266
Panificación .....	325
Pastas funcionales .....	71

Percepciones .....	174
Perfil de sensibilidad a antibióticos .....	178
Personas mayores .....	38, 390
Peso bajo .....	227
Peso de nacimiento .....	369
Población escolar .....	369
População rural .....	54
Preescolares .....	30,152,266,383
Prevención .....	139, 253
Processamento .....	419
Profesores básicos .....	166
Programa de Saúde da família .....	396
Proteína C-reativa .....	54
Proteínas lácteas .....	325
Pruebas de diferencia .....	349
<i>Pseudoplatystoma</i> .....	206

### Q

Qualidade sensorial .....	441
Queso .....	66,402

### R

Ratas.....	47,235
Recursos humanos en nutrición .....	113
Relación fibra dietética soluble/insoluble .....	191
Repollo .....	95
Resistencia a antibióticos .....	66
Restricción energética .....	287
Riesgo cardiovascular .....	120

### S

Salado .....	206
Salmuera .....	206
Salud ósea .....	14
<i>Sardinella aurita</i> .....	310
Semillas de uva .....	214
Semolina .....	71
Severidad diarrea .....	235
Snack .....	191
Sobrepeso .....	22,296
<i>Solanum quitoense</i> Lam. ....	88
Sucos de frutas .....	441
Sulforafano .....	95
Suplementación con vitamina E .....	287

### T

Taguchi, metodología .....	184
Tecido adiposo .....	54
Telarquia .....	260
Temperatura .....	61
Teoría de detección de señales .....	349
Thurstone, modelo de .....	349
Tomates .....	318
Toxinas .....	402

Transferencia de tecnología ..... 71  
Triglicéridos ..... 245

**V**

Vegetales ..... 174  
Vegetales frescos ..... 318  
Verduras, consumo ..... 166,174,304  
Vitaminas ..... 7  
Vitamina A ..... 396  
Volumen encefálico ..... 369

**Y**

Yoduria matutina y vespertina ..... 378

En 1950 el Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela edita su revista *Archivos Venezolanos de Nutrición* la cual en 1966 es donada a la recién creada Sociedad Latinoamericana de Nutrición, SLAN, para convertirse en su órgano oficial de divulgación *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, ALAN, destinado a 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 aquellos 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*). Todos los manuscritos están sujetos a un proceso de arbitraje externo, orientado a preservar la calidad y excelencia de la revista.

*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*).

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION está registrado en ASEREME e indizado en las siguientes Bases de Datos: LILACS/CD ROM, Abstract on Hygiene and Communicable Diseases, CAB Abstracts, Chemical Abstracts, Current Contents, Dairy Science Abstracts, Field Crops Abstracts, Food Science and Technology Abstracts, Global Health, Horticultural Science Abstracts, Index Veterinarius, Maize Abstract Online, MEDLINE, Nutrition Abstracts and Reviews, Nutrition Research Newsletter, Plant Breeding Abstracts, Potato Abstracts, Poultry Abstracts, Rice Abstracts, Rural Development Abstracts, Science Citation Index, Seed Abstracts, Veterinary Bulletin, Wheat, Barley and Triticale Abstracts y World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts, entre otras.

#### ENTIDADES PATROCINANTES

---

#### TARIFA DE SUBSCRIPCION ANUAL (Subscription rates per year)

---

- |  |  |
|--|--|
| • <b>FONACIT.</b> Venezuela  | Un Volumen, 4 Números (One Volume, 4 Numbers):   |
| • <b>Fundación para la Alimentación y Nutrición</b><br>"José María Bengoá". Caracas, Venezuela | Hemisferio Occidental (Western Hemisphere):<br>U.S. \$ 160 Instituciones. (Institutions)<br>U.S. \$ 75 Personas. (Individuals) |
| • <b>Instituto Nacional de Nutrición.</b> Venezuela  | Europa & Asia (Europe & Asia):<br>U.S. \$ 180 Instituciones. (Institutions)<br>U.S. \$ 90 Personas. (Individuals)              |
| • <b>Kellogg's</b> América Latina  |  |
| • <b>Centro de Atención Nutrición Infantil Antímamo.</b><br><b>CANIA.</b> Venezuela            | Números sueltos (Single issues) U.S. \$ 15 c/u<br>Números anteriores (Back issues) U.S. \$ 25 each                             |
| • <b>Coca-Cola Servicios de Venezuela C.A.</b>   |  |
| • <b>Kraft Foods</b><br><b>Kraft Foods Venezuela, C.A.</b>                                     |  |

---

**Dirección:** Archivos Latinoamericanos de Nutrición  
**Apartado:** 62.778. Chacao. Caracas 1060. Venezuela, S.A.  
**Fax:** (58.212) 286.00.61  
**Ubicación en formato digital:** <http://www.scielo.org.ve>  
**Correo electrónico:** alanven04@hotmail.com

ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION se complace en destacar y agradecer el apoyo económico recibido del FONACIT para la edición sostenida de la revista. Bajo la responsabilidad del Capítulo Venezolano de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

**Artes Finales:** Erika Ludewig. Teléfono (0212) 395.25.98

**Portada:** Chávez & López, Diseño Gráfico, Caracas, Venezuela. Teléfono (0212) 285.55.29

**Impresión:** Editorial Texto C.A., Caracas, Venezuela. Teléfono (0212) 632.97.17 - 632.74.86

# Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Volumen 59. Nº 4, Diciembre 2009

## Contenido

### ARTICULOS GENERALES

- Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia**  
*Ofelia Angulo y Michael O'Mahony* ..... 349
- Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales**  
*Ana María Domínguez-Vergara, Luz Vázquez-Moreno, Gabriela Ramos-Clamont Montfort* ..... 358

### PERSPECTIVA

- Peso de nacimiento y posterior estado nutricional, desarrollo cognitivo y actividad ocupacional: una revisión crítica**  
*S. Villegas, R. Ivanovic, H. Pérez, A. Almagià, MS Urrutia, M. del P Rodríguez, C. Larraín, D. Ivanovic* ..... 369

### TRABAJOS DE INVESTIGACION

#### Salud Pública

- Un enfoque para un problema sanitario y social: yodurias en embarazadas de una región yododeficiente**  
*Jorge L. Olivares, Valeria A. Ortiz, Marcos Mayer, Cecilia I. Demaria, Ester Ñancucheo, Juan C. Cresto* ..... 378

#### Nutrición Infantil

- Índice de sustancia activa (AKS) distribución percentilar en edades pediátricas**  
*Gladys Henríquez-Pérez, Ingrid Rached-Paoli, Arelis Azuaje-Sánchez* ..... 383

#### Nutrición y Tercera Edad

- Evaluación del riesgo nutricional mediante el MNA en una población anciana no institucionalizada**  
*J. De la Montaña Miguélez, C. Areal Salve, M. Míguez Bernárdez* ..... 390

#### Retinolemia, consumo de vitamina A e pressão arterial em idosos

- Mellina Neyla de Lima Albuquerque, Alcides da Silva Diniz, Ilma Kruze Grande de Arruda* ..... 396

#### Microbiología de Alimentos

- Detección de *Bacillus cereus* toxigénicos en productos lácteos con especias y leches deshidratadas colectadas en Costa Rica**  
*Walter Blanco, María Laura Arias, Cristian Pérez, César Rodríguez, Carolina Chaves* ..... 402

#### Consumo de Alimentos

- Diferencias étnicas y de aculturación en el consumo de alimentos en la Región Metropolitana de Santiago, Chile**  
*Berta Schnettler, Valeska Huaiquiñir, Marcos Mora, Horacio Miranda, José Sepúlveda y Marianela Denegri* ..... 407

#### Ciencia de Alimentos

- Efeito do processamento na atividade antioxidante do grão de amaranto (*Amaranthus cruentus* L. BRS-Alegria)**  
*Yara Severino de Queiroz, Rosana Aparecida Manólio Soares, Vanessa Dias Capriles, Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva Torres, José Alfredo Gomes Áreas* ..... 419

#### Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz

- (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal**  
*Castillo V.K.C., Ochoa M.L.A., Figueroa C.J.D., Delgado L.E., Gallegos I.J.A., Morales C.J.* ..... 425

#### Tecnología de Alimentos

- Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo**  
*Sila Mary Rodrigues Ferreira, Paola Cordeiro Luparelli, Maria Eliana Madalozzo Schieferdecker, Regina Maria Vilela* ..... 433

#### Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola

- Ana Carolina da Silva Pereira, Ana Maria de Abreu Siqueira, Josefranci Moraes de Farias, Geraldo Arraes Maia, Raimundo Wilane de Figueiredo, Paulo Henrique Machado de Sousa* ..... 441

- FE DE ERRATAS** ..... 448

- INFORMACION PARA LOS AUTORES** ..... 450

- INDICE GENERAL DEL VOLUMEN 59, 2009** ..... 455

- INDICE DE AUTORES** ..... 460

- INDICE DE MATERIAS** ..... 466