

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

VOL 66

SEPTIEMBRE 2016

N° 3

Contenido

Páginas

ARTICULOS GENERALES

- A new family home approach to controlling iron deficiency anemia in all ages in less-developed and developing countries using iron-fortified water**
José Eduardo Dutra-de-Oliveira, Júlio Sérgio Marchini, Joel Alves Lamounier, Carlos Alberto Nogueira de Almeida..... 159

PERSPECTIVA

- La deficiencia de zinc: un problema global que afecta la salud y el desarrollo cognitivo**
Claudia Restrepo Caro, María Del C. Coronell, Julia Arrollo, Gisela Martínez, Lucía Sánchez Majana, Luz Adriana Sarmiento-Rubiano..... 165

TRABAJOS DE INVESTIGACION

Nutrición Clínica

- Circunferencia media de brazo en preescolares y escolares hospitalizados como valor predictivo de desnutrición aguda**
Milagros Pontiles de Sánchez, Alba Morón de Salim, Susan Darias Perdomo 176

Nutrición y Salud Pública

Ingesta alimentaria y estado nutricional de pacientes con enfermedad de Chagas.

Agustina Bertola Compagnucci, Ariana Dávila, Juan Beloscar, Stella Maris Pezzotto, Hector Dávila..... 185

Lactancia Materna y Sobrepeso

Aleitamento materno, introdução da alimentação complementar e excesso de peso em pré-escolares.

Alexandra Tijerina Sáenz, Erik Ramírez López, Víctor Manuel Meneses Valderrama, Nancy Edith Martínez Garza 195

Bioquímica Nutricional

Relación entre la ingesta de antioxidantes, factores nutricionales e indicadores bioquímicos en voluntarios sanos.

Claret Mata, Carolina Pestana, Mary Lares, Antonietta Porco, María Isabel Giacopini, Sara Brito, Jorge Castro. 201

Antioxidant, cytotoxic and alpha-glucosidase inhibition activities from the Mexican berry “Anacahuita” (*Cordia boissieri*)

Ezequiel Viveros-Valdez, Carlos Jaramillo-Mora, Azucena Oranday-Cárdenas, Javier Morán-Martínez, Pilar Carranza-Rosales. 211

Antropometría y Actividad Física

Asociación entre características antropométricas y funcionalidad motriz en sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física.

Antonio Eduardo López-Fuenzalida, Carolina Isabel Rodríguez Canales, Enrique Alejandro Cerda Vega, Enrique Jorge Arriaza Ardiles, Álvaro Renato Reyes Ponce, Pablo Valdés-Badilla..... 219

Consumo de Alimentos

Differences in nutritional status, physical activity, and fruit and vegetable consumption in urban and rural school-going adolescents in Paute, Ecuador

Patricia Flor-Garrido, Matthew L. Romo, Victoria Abril-Ulloa. 230

Ciencia de Alimentos

Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma

Alfredo Vázquez-Ovando, Isidro Ovando-Medina, Lourdes Adriano-Anaya, David Betancur-Ancona, Miguel Salvador-Figueroa 239

FE DE ERRATAS..... 255

NOTAS NECROLOGICAS..... 256

INFORMACION PARA LOS AUTORES..... 257

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the Latin American Society of Nutrition

VOL 66

SEPTEMBER 2016

N° 3

Contents

Pages

GENERAL ARTICLES

- A new family home approach to controlling iron deficiency anemia in all ages in less-developed and developing countries using iron-fortified water**
José Eduardo Dutra-de-Oliveira, Júlio Sérgio Marchini, Joel Alves Lamounier, Carlos Alberto Nogueira de Almeida..... 159

PERSPECTIVE

- Zinc deficiency: A global problem that affect the health and cognitive development.**
Claudia Restrepo Caro, María Del C. Coronell, Julia Arrollo, Gisela Martínez, Lucía Sánchez Majana, Luz Adriana Sarmiento-Rubiano..... 165

RESEARCH PAPERS

Clinical Nutrition

- Media arm circumference in school and preschool hospitalized as predictive value of acute malnutrition.**
Milagros Pontiles de Sánchez, Alba Morón de Salim, Susan Darias Perdomo 176

Nutrition and Public Health

Dietary intake and nutritional status of patients with Chagas disease.

*Agustina Bertola Compagnucci, Ariana Dávila, Juan Beloscar,
Stella Maris Pezzotto, Hector Dávila*..... 185

Breast Feeding and Overweight

Evaluation of a nutrition education intervention in teachers and students in pre-school and primary schools in los Andes, Chile.

*Alexandra Tijerina Sáenz, Erik Ramírez López,
Víctor Manuel Meneses Valderrama, Nancy Edith Martínez Garza* 195

Nutritional Biochemistry

Relationship between antioxidant intake, nutritional factors and biochemical indicators in healthy volunteers

*Claret Mata, Carolina Pestana, Mary Lares, Antonietta Porco,
María Isabel Giacopini, Sara Brito, Jorge Castro* 201

Antioxidant, cytotoxic and alpha-glucosidase inhibition activities from the Mexican berry “Anacahuita” (*Cordia boissieri*)

*Ezequiel Viveros-Valdez, Carlos Jaramillo-Mora, Azucena Oranday-Cárdenas,
Javier Morán-Martínez, Pilar Carranza-Rosales* 211

Anthropometry and Physical Activity

Association between anthropometric characteristics and the motor function in Chileans subjects with different levels of physical activity

*Antonio Eduardo López-Fuenzalida, Carolina Isabel Rodríguez Canales,
Enrique Alejandro Cerda Vega, Enrique Jorge Arriaza Ardiles,
Álvaro Renato Reyes Ponce, Pablo Valdés-Badilla*..... 219

Food Consumption

Differences in nutritional status, physical activity, and fruit and vegetable consumption in urban and rural school-going adolescents in Paute, Ecuador

Patricia Flor-Garrido, Matthew L. Romo, Victoria Abril-Ulloa 230

Food Science

Cacao alkaloids and polyphenols: Mechanisms that regulate their biosynthesis and its implications on the taste and aroma

*Alfredo Vázquez-Ovando, Isidro Ovando-Medina, Lourdes Adriano-Anaya,
David Betancur-Ancona, Miguel Salvador-Figueroa* 239

ERRATUM..... 255

IN MEMORIAM..... 256

INFORMATION FOR AUTHORS 257

A new family home approach to controlling iron deficiency anemia in all ages in less-developed and developing countries using iron-fortified water

*José Eduardo Dutra-de-Oliveira, Júlio Sérgio Marchini, Joel Alves Lamounier
and Carlos Alberto Nogueira de Almeida.*

Ribeirao Preto School of Medicine, University of Sao Paulo, Ribeirao Preto, Brazil. Medical School Sao Joao Del Rei, Campus Dom Bosco, Sao Joao Del Rei, Brazil. Ribeirão Preto School of Medicine, University of Ribeirao Preto, Ribeirao Preto, Brazil.

SUMMARY: Nutritional iron deficiency anemia is considered the main public health problem of poor less-developed and developing countries. The World Health Organization has estimated that 1.5–2.0 billion persons are anemic. It has been said that close to 1 million deaths are linked to iron deficiency anemia. The groups most vulnerable to this form of anemia are said to be small children and women of reproductive age. Our goal is to show that iron fortification in the water, will control anemia. The method used was a literature review. Methods have been identified to control anemia, but the fortification of water is a more efficient, low cost, reaches the entire population, prevents and treats deficiency anemia.

We concluded that the iron fortification of drinking water at home is a simple, effective, and low-priced approach for the prevention of iron deficiency anemia prevalent in poor and developing countries.

Key words: New method, drinking water, iron deficiency anemia, anemia prevention.

RESUMO. Um novo método para controlar em casa a anemia ferropriva de todas as idades nos países pobres e em desenvolvimento usando água fortificada com ferro. A anemia por deficiência nutricional de ferro é considerada o principal problema de saúde pública dos países menos-desenvolvidos e em desenvolvimento. A Organização Mundial de Saúde estimou que 1,5-2,0 milhões de pessoas são anêmicas. Aproximadamente 1 milhão de mortes estão ligadas a anemia por deficiência de ferro. Os grupos mais vulneráveis a anemia são crianças e mulheres em idade reprodutiva. Nosso objetivo é mostrar que fortificação de ferro na água, irá controlar anemia. O método utilizado foi revisão da literatura. Diversos métodos têm sido identificados para controle da anemia, mas a fortificação da água é uma forma mais eficiente e de baixo custo, atingindo toda a população, prevenindo e tratando a anemia por deficiência. Concluímos que a fortificação de ferro na água potável em casa é uma abordagem simples, eficaz e de baixo custo para a prevenção da anemia ferropriva prevalente nos países pobres e em desenvolvimento.

Palavras-chaves: Água potável, deficiência de ferro anemia, prevenção de anemia, novo método.

INTRODUCCIÓN

Several publications have shown the importance of iron in human health (1,2). Iron deficiency anemia is the most prevalent nutritional deficiency around the world (3,4).

Among the millions of persons vulnerable to iron deficiency anemia, the most prevalent are small children, children, young pregnant adolescent girls, and mothers of reproductive age in the less-developed and developing world (5-8). The World Health Organization (WHO) has estimated

that 42% of pregnant women, 30% of non-pregnant women, 47% of preschool children, and 12% of men are anemic (1,5,6). Data from WHO state that 800,000 deaths can be attributed to iron deficiency each year (1,5).

The main cause of iron deficiency and iron deficiency anemia are considered to be a vegetable diet low in iron, together with poor iron availability and the presence of iron inhibitors (9,10). It is known that a growing number of persons with anemia are present in various parts of poor and developing. A large number of scientific papers show that small children and women anemia are prevalent all over the world (1,5). From the public health point of view, anemia is a family problem that can affect all ages. Recent papers from the north-eastern part of Brazil have indicated that iron deficiency anemia is a highly prevalent problem for family members of all ages among less-developed urban and rural workers. Children of less than 5 years (67.6%), children from 5 to 11 years (44%), 60.0% of pregnant women, and women over 15 years (38.8%), as well as 20.3% of men were found to be anemic (11-13).

Our objective is to show that iron fortification in the water, will control anemia.

Iron supplementation to control iron deficiency anemia

Iron medicine, pills, tablets, syrup, drug are the most usual and scientific method for the control and treatment of iron deficiency anemia on several ages groups (children, mother, senior and woman)and anemia has not been controlled, they do not reach all ages groups at the same time.

Problems with the availability, distribution, price and daily intake of iron drugs have been shown present medicines supplementation a difficult strategy to reach implement with all ages of anemic population in less-developed countries (14,15).

Multiple micronutrients (MMN) and children iron deficiency anemia

The strategy of using multiple micronutrients (MMN) to control iron deficiency anemia in

children was developed in Canada. The regimen uses an aqueous mineral and vitamin formula to be spread over the meals of children. It has been strongly supported by international organizations, such as WHO and UNICEF (16-18). Sachets of MMN including iron (15–45 mg) are spread daily on meals of anemic children controlling their anemia. This strategy has had great success and publicity (19). It has been highly recommended, not only for the control of iron deficiency anemia, but also deficiency in other minerals and vitamins (19,21).

Food Fortification

Food fortification is considered the most cost-effective method for providing additional iron in advanced industrialized countries. The situation is not the same in less-developed or developing countries. There is not the solution at the poor countries. The essential requirements for implementing fortification strategies include carries that are available and consumed daily by all age population as our proposed drinking water (22, 23). In the United States and other developed countries in Europe, food fortification has been considered an important means of anemia control (2,24,25). However, in the least developed countries or even the underprivileged areas of the developing world, it would be quite difficult or impossible to control iron deficiency anemia through the commercial distribution and consumption of iron-fortified foods. A recent Brazilian publication found that bread made with iron-enriched wheat flour did not improve the anemia status of small children (26). Another way of supplying extra iron is to explain to the population how to prepare meals using iron pots (27).

Iron fortification of drinking water

Studies on the iron fortification of drinking water for the control of iron deficiency anemia started a long time ago in Brazil. Water is consumed daily, everywhere by all ages' children,

adults and old members of each family. Iron fortified drinking water reduced the number of anemics children and adults carried out at experimental field studies in several places of our country (28,29). Daycare centers that look after preschool children with a high prevalence of nutritional iron deficiency anemia were used to demonstrate the effect of iron-fortified drinking water. Several references on the positive effect of drinking water fortified with iron on the reduction of iron deficiency anemia have been published by our group, as well as by other research groups in Brazil (30-34). Our last published paper on the use of iron-fortified water to reduce iron deficiency anemia concerned a randomized blind clinical study, confirming that drinking iron-fortified water will reduce iron deficiency and iron deficiency anemia in children (35).

Because of our success showing that drinking iron-fortified water at daycare children would control iron deficiency anemia we are proposing to implement the home iron fortification of drinking water as a new way to home supply iron to all ages low socio economic family members populations that consume a poor low iron vegetable diet and drink local water daily to control all ages iron deficiency anemia (29,32). Their available local water is easily fortified at home when we provide highly soluble iron salts. Ferrous sulfate is known to be the best water-soluble and cheaper iron salt available. Some color and iron taste may be developed and can be reduced by the addition of ascorbic acid. Adults drink and adapted to water with different flavors around the world. Encapsulated and other bioavailable iron salts may also be used for the fortification of water and there is no taste. Iron and other nutrients may be added to water to address specific human mineral and vitamin deficiencies around the world (33). The natural presence of drinking water iron in parts of Bangladesh was shown to be responsible for the low rates of iron deficiency anemia in parts of the country (35, 36). Encapsulated iron

dispersible in water is also available and could be used as iron fortification, avoiding rejection due to water tasting of iron (37). Water can also be fortified with other iron salts as NaFeEDTA, a highly bioavailable iron, which has no taste and color, but is more expensive (38).

Home iron fortification of water can supply iron to both urban and rural areas of a country. It is also of importance that iron-fortified drinking water can be used for cooking family meals, another way of supplying the daily iron intake and preventing all age iron deficiency anemia (29). The fact is that fortification of drinking water with iron is easily implemented at home. Iron sulfate is quite inexpensive and different amounts of iron will supply the recommended iron daily intake for each family member (29).

Comments on home iron fortification of drinking water

Iron is an essential nutrient and iron deficiency is present when iron is not available in the quantity and at the quality needed for metabolic function. Anemia has been shown by a large number of studies to become one of the main health problems in the less developed and developing world. It affects not only health, but also the quality of life and work capacity of million persons around the world. Nutritional iron deficiency and iron deficiency anemia are the result of low iron intake and poor availability of iron in vegetable diets, as well as iron absorption inhibitors in several parts of the world, particularly the least developed and developing countries.

A great number of scientific studies on iron supplementation and fortification have been undertaken in relation to the control of iron deficiency and iron deficiency anemia. They have been carried out to control the anemia worldwide, particularly that prevalent in less developed countries and the poor areas of developing countries. It has been shown that iron supplements could supply the iron requirement of children and

women of reproductive age through iron solutions or tablets. These iron supplements should be used for a few months. When they are stopped and the children and women revert to eating the same vegetable diet poor in iron, there is the possibility of iron deficiency anemia returning.

Drinking water, which is consumed daily by all ages persons everyone all over the world, is a simple, practical home way to supply iron for the control and for the local prevention of iron deficiency anemia.

Our proposal is the use of home iron-fortified drinking water to control iron deficiency anemia in family members of all ages, where there is not treated water. The iron fortification of drinking water is easily prepared at home from a pharmaceutical concentrated iron solution obtained from Health Centers and Commercial Centers. Mothers can be easily shown how to dilute the public health and/or commercial concentrated solution to prepare the recommended amount of iron per liter of water. The home dilute iron solution can also be used for the daily preparation of food at home. It is another source of bioavailable iron for children and adults at poor urban and rural areas and the possibility of toxicity is low.

Final Remarks

The high and even growing prevalence of iron deficiency anemia in the less developed countries of the world and the large number of studies carried out on this subject shows that iron deficiency anemia has not been controlled. It is even said that iron deficiency anemia is growing in several less developed and developing countries and new ways must be sought to control the problem. Several iron supplementation and iron fortification programs cannot be used to control iron deficiency in poor areas. It has not shown that iron deficiency anemia could be controlled in all age groups of children and adults at the same time through the use of iron supplements or iron fortification.

The control of nutritional iron deficiency anemia will only be achieved when sources of bioavailable iron is continuously offered and are consumed daily by all age members of the low level and poor population. We propose here that each children, youngsters, adults and seniors of both sexes should consume iron-fortified drinking water daily, supplying their iron needs and preventing iron deficiency anemia. The iron fortification of drinking water at home is a simple, effective, and low-priced approach for the prevention of iron deficiency anemia.

ACKNOWLEDGEMENTS

We acknowledge the support of FAPESP, the Foundation for the Advance of Research of the State of São Paulo, Brazil and the Foundation for Teaching, Research and Community Assistance FAEPA, Ribeirao Preto, SP, Brazil.

REFERENCES

1. Benoist B, Mclean E, Egli I, Cogswell M. Worldwide prevalence of anemia 1993–2005, WHO global database on anemia. WHO; 2008.
2. Abbaspour N, Hurrell R, Kelishadi R. Review on iron and its importance for human health. *J Res Med Sci* 2014; 19:164–74.
3. Miller JL. Iron deficiency anemia: a common and curable disease. *Cold Spring Harb Perspect Med* 2013; 3:1–13.
4. Lutter CK. Iron deficiency in young children in low income countries and new approaches for its prevention. *J Nutr* 2008;138:2523–8.
5. McLean E, Cogswell M, Egli I, Wojdyla D, de Benoist B. Worldwide prevalence of anaemia, WHO vitamin and mineral nutrition information system, 1993–2005. *Public Health Nutr* 2009;12:444–54.
6. World Health Organization, United Nations Children's Fund, United Nations University. (2001) Iron deficiency anemia: assessment, prevention and control –A guide for programme managers. WHO/UNICEF/UNU; 2001.

7. Ruiz-Arguelles GJ. Iron deficiency anemia in low- and middle-income countries. *Blood* 2013;122:2289.
8. Zimmermann MB, Hurrell RF. Nutrition iron deficiency. *Lancet* 2007;11:511–20.
9. Milman N. Anemia—still a major health problem in many parts of the world! *Ann Hematol* 2011;90:369–77.
10. Clark SF. Iron deficiency anemia. *Nutr Clin Pract* 2008;23:128–41.
11. Carvalho AGC, Lira PIC, Barros MFA, Alessio MLM, Lima MC, Carbonneau MA, Berger J, Léger CL. Diagnosis of iron deficiency anemia in children of Northeast Brazil. *Rev Saude Publica* 2010;44: 513–9.
12. Leal LP, Batista Filho M, Lira PI, Figueiroa JN, Osório MM. Temporal trends and anaemia-associated factors in 6- to 59-month-old children in Northeast Brazil. *Public Health Nutr* 2012;15: 1645–52.
13. Cavalcante DC, Vasconcelos PN, Muniz VM, Santos NF, Osório MM. Iron intake and its association with iron-deficiency anemia in agricultural workers families from the Zona da Mata of Pernambuco, Brazil. *Rev Nutr* 2014;27:217–27.
14. Viteri FE, Ali F, Tujague J. Long-term weekly iron supplementation improves and sustains non pregnant woman's iron status as well or better than currently recommended short-term daily supplementation. *J Nutr* 1999;129:2013–20.
15. Low M, Farrell A, Biggs BA, Pasricha SR. Effects of daily iron supplementation in primary-school-aged children: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *CMAJ* 2013;185: E791–802.
16. Das JK, Salam RA, Kumar R, Bhutta ZA. Micronutrient fortification of food and its impact on woman and child health: a systematic review. *Syst Rev* 2013;2:1–24.
17. Ramakrishnan U, Goldenberg T, Allen LH. Do multiple micronutrient interventions improve child health, growth, and development? *J Nutr* 2011;141:2066–75.
18. Zlotkin SH, Schauer C, Christofides A, Shariieff W, Tondeur MC, Hyder SMZ. Micronutrients sprinkler to control childhood anaemia: a simple powdered sachet may be the key to addressing a global problem. *Plos Med* 2005;2:24–8.
19. Schauer C, Zlotkin S. Home fortification with micronutrient sprinkles – a new approach for the prevention and treatment of nutritional anemias. *Paediatr Child Health* 2003;8:87–90.
20. Sight and life. Home fortification with micronutrient powders (MNP). Joint publication with WFP.UNICEF, HF-TAG; 2012.
21. Das JK, Salam RA, Kumar R, Bhutta ZA. Micronutrient fortification of food and its impact on woman and child health: a systematic review. *Syst Rev* 2013;2:1–24.
22. Pandey S, Singh V. Food fortification to combat iron deficiency anaemia. *Int J Adv Nutr Health Sci* 2013;1:39–47.
23. Angeles-Agdeppa I, Saises M, Capanzana M, Juneja LR, Sakaguchi N. Pilot-scale commercialization of iron-fortified rice: effects on anemia status. *Food Nutr Bull* 2011;32:3–12.
24. Hurrell RF, Jacob S. The role of the food industry in iron nutrition: iron intake from industrial food products. In: Hallberg L, Asp N. (eds.), *Iron nutrition in health and disease*. Swedish Nutrition Foundation; 1995: pp. 339–347.
25. Layrisse M, Garcia-Casal MN, Mendez-Castellano H, Jimenez M, Henry O, Chávez JF, Gonzalez E. Impact of fortification of flours with iron to reduce the prevalence of anemia and iron deficiency among schoolchildren in Caracas, Venezuela: a follow-up. *Food Nutr Bull* 2002;23:384–9.
26. Assunção MC, Santos IS, Barros AJ, Gigante DP, Victora CG. Flour fortification with iron has no impact on anaemia in urban Brazilian children. *Public Health Nutr* 2011; 15: 1796–1801.
27. Borigato EV, Martinez FE. Iron nutritional status is improved in Brazilian preterm infants fed food cooked in iron pots. *J Nutr* 1998;128:855–9.
28. Dutra-de-Oliveira JE, Ferreira JB, Vasconcelos VP, Marchini JS. Drinking water as an iron carrier to control anemia in preschool children in a day-care center. *J Am Coll Nutr* 1994;13:198–202.

29. Dutra-de-Oliveira JE, Scheid MM, Desai ID, Marchini JS. Iron fortification of domestic drinking water to prevent anemia among low socioeconomic families in Brazil. *Int J Food Sci Nutr* 1996;47:213–9.
30. Dutra-de-Oliveira JE, Marchini JS, Lamounier J, Nogueira-de-Almeida CA. A community public health programme to control iron-deficiency anemia through iron-fortification of drinking water. *Int J Nutrology* 2012;5: 140–3.
31. Dutra-de-Oliveira JE, Marchini JS, Lamounier J, Nogueira-de-Almeida CA. Iron-fortified drinking water studies for the prevention of children's anemia in developing countries. *Anemia* 2011;2011: 1–5.
32. Dutra-de-Oliveira JE, Marchini JS, Lamounier J, Nogueira de Almeida CA. Drinking water as iron carrier for the prevention of iron deficiency anemia: the Brazilian experience. *JWARP* 2013;5: 854–8.
33. Lamounier JA, Capanema FD, Dutra-de-Oliveira JE, Rocha DS, Nogueira-de-Almeida CA. Iron fortification strategies in Brazil. *Handbook of Food Fortification and Health Nutrition and Health*; 2013:pp. 411–25.
34. Arcanjo FPN, Amancio OMS, Braga JAP, Pinto VPT. Randomized controlled trial of iron-fortified drinking water in preschool children. *J Am Coll Nutr* 2010;29: 122–9.
35. Nogueira de Almeida CA, De Mello ED, Ramos AP, João CA, João CR, Dutra-de-Oliveira JE. Assessment of drinking water fortification with iron plus ascorbic acid or ascorbic acid alone in daycare centers as a strategy to control iron-deficiency anemia and iron deficiency: a randomized blind clinical study. *J Trop Pediatr* 2014;60:40–6.
36. Merrill RD, Shamim AA, AliH, Labrique AB, Schulze K, ChristianP, WestKP. High prevalence of anemia with lack of iron deficiency among women in rural Bangladesh: arole for thalassemia and iron in groundwater. *Asia Pac J Clin Nutr* 2012;21:416–24.
37. Blanco-Rojo R, Pérez-Granados AM, Toxqui L, González-Vizcayno C, Delgado MA, Vaquero MP. Efficacy of a microencapsulated iron pyrophosphate-fortified fruit juice: a randomized, double-blind, placebo-controlled study in Spanish iron-deficient women. *Br J Nutr* 2011;105:1652–9.
38. European Food Safety Authority. Scientific opinion on the use of ferric sodium EDTA as a source of iron added for nutrition purposes to foods for the general population (including food supplements) and to foods for particular nutritional uses. *EFSA Journal* 2010; 8:1414–46.

Recibido: 26-01-2016

Aceptado: 28-05-2016

La deficiencia de zinc: un problema global que afecta la salud y el desarrollo cognitivo

*Claudia Restrepo Caro, María Del C. Coronell, Julia Arrollo, Gisela Martínez,
Lucia Sánchez Majana, Luz Adriana Sarmiento-Rubiano.*

Universidad Metropolitana. Fundación Hospital Universitario Metropolitano.
Barranquilla, Colombia.

RESUMEN La deficiencia de zinc afecta aproximadamente un tercio de la población mundial, principalmente en los países en vía de desarrollo, en las áreas rurales y en las comunidades más pobres, donde constituye un importante factor de riesgo asociado a enfermedad. En este trabajo se realiza una revisión de los avances científicos que han permitido conocer el papel fundamental del zinc en el control de la neurogénesis, el funcionamiento del cerebro y el desarrollo cognitivo. Con el fin de generar en los profesionales de salud, interés por la investigación de los efectos de la deficiencia de zinc en el desarrollo neurológico y cognitivo y su impacto negativo en el desarrollo cultural, social y económico de los pueblos.

Palabras clave: Zinc, micronutrientes, deficiencia, cognición, nutrición.

SUMMARY. Zinc deficiency: A global problem that affect the health and cognitive development.

The zinc deficiency affects approximately a third of the world population, principally in the developing countries, the rural areas and in the poorest communities, where this micronutrient deficiency is one of the most prevalent risk factor for nutrient-related diseases. This paper compiles scientific advances about the key role of the essential trace element zinc in the neurogenesis control, brain function and cognitive development. The aim of this work is to generate in health professionals, interest about the zinc deficiency effects in neuro-intellectual development and its negative impact in the cultural, economic and social development of the countries.

Key words: Zinc, micronutrients, deficiency, cognition, nutrition.

INTRODUCCIÓN

Los micronutrientes son compuestos esenciales para la vida, participan en la mayoría de las funciones metabólicas, fisiológicas, crecimiento, desarrollo, la utilización adecuada de los macronutrientes y los mecanismos de inmunidad entre otros (1). El zinc es el oligoelemento intracelular más abundante en el cuerpo humano, cumple funciones catalíticas, estructurales, de regulación, forma parte integral de muchos tejidos, de un gran número de metaloproteínas con actividad catalítica y de cofactores de transcripción, siendo fundamental para la síntesis de biomoléculas como el ADN

y las proteínas, así como para la degradación de las mismas (2). Especial interés ha despertado en los últimos años el estudio del zinc y su papel en el desarrollo y funcionamiento del cerebro, dando lugar a la publicación de numerosos estudios que aportan valiosa información para el entendimiento de las complejas interacciones de este micronutriente con las estructuras cerebrales y su influencia en las actividades neuronales.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su informe de salud del año 2002 y basado en los datos de disponibilidad alimentaria por regiones, calcula que la deficiencia de zinc afecta cerca de la tercera parte de la población

mundial y aunque la deficiencia severa de este micronutriente es raramente observada, las deficiencias moderadas están presentes con diferencias regionales en un rango entre el 4% y el 70%, siendo las personas de bajos niveles socio económicos las más afectadas (3). En América Latina más del 50% de la población se encuentra en alto riesgo de deficiencia de zinc, siendo mayores las prevalencias en las zonas rurales que en las urbanas (4). En Colombia, de acuerdo a los resultados de la última encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN 2010), el 43,3% de los niños entre 1 a 4 años tienen deficiencia de zinc, siendo las regiones Amazonia y Orinoquia las más afectadas (60.4%) (5).

En las regiones con alta prevalencia de deficiencia de zinc, la carencia de este micronutriente desde los primeros años de vida de las personas, les genera alteraciones en su desarrollo físico y cognitivo que estarán presentes durante toda la vida, manifestándose en un deficiente desempeño intelectual y productivo. Algunos estudios relacionan de manera directa las condiciones de pobreza y desnutrición, con un escaso desarrollo integral de las personas el cual es transmitido de generación en generación, involucrando las sociedades en un círculo de pobreza y subdesarrollo difícil de superar (6).

En las últimas décadas, los analistas socioeconómicos incluyen el capital humano en relación a su nivel educativo y habilidades laborales y cognitivas, como un aspecto fundamental para el desarrollo tecnológico, económico y social de los pueblos, relacionando la rápida evolución de importantes potencias económicas mundiales con el nivel educativo y cognitivo de sus gentes (7). Aun no se han establecido relaciones directas que permitan evaluar la influencia de la deficiencia de zinc en el escaso desarrollo social y económico de las regiones en las que esta deficiencia es altamente prevalente.

El zinc en la salud humana.

La importancia del zinc en la salud humana, fue inicialmente descrita en los años 60, con

la publicación de estudios que planteaban la posible relación entre la deficiencia de este micronutriente con el enanismo por causas nutricionales en adolescentes, hipótesis que motivo la realización de diversos estudios que fueron dilucidando solo hasta finales de los años 90, el papel fundamental del zinc en el desarrollo y la salud humana (8). Actualmente se conoce que las manifestaciones clínicas de la deficiencia de zinc incluyen baja estatura, hipogonadismo en hombres, desordenes de la piel como la dermatitis postular, alopecia, mala cicatrización, deterioro de las funciones cognitivas, diarrea, deficiencia de la inmunidad celular que conlleva a la presencia frecuente de infecciones, entre otros; cuya intensidad varía de acuerdo a si la deficiencia es moderada o severa, pudiendo llegar incluso a la mortalidad (9). Se calcula que la deficiencia de zinc está asociada al 16% de las infecciones del tracto respiratorio superior y al 10% de los episodios de enfermedad diarreica que se presentan a nivel mundial (3).

Trastornos hereditarios relacionados con la mala absorción de zinc como la acrodermatitis enteropática, desorden autosómico recesivo debido a la mutación del gen SLC39A4 que codifica para el transportador de zinc Zip4, causante de una patología caracterizada por dermatitis periorificial acral, alopecia y diarrea, afectan a 1 de cada 500.000 niños en el mundo (10). Formas no heredadas de esta enfermedad se pueden presentar en niños y adultos con deficiencias nutricionales graves de este micronutriente como consecuencia principalmente de un desorden gastrointestinal de base.

El zinc es fundamental en la regulación de la inmunidad innata y adaptativa por intervenir en mecanismos inmunes como: (i) la producción de citoquinas como las interleuquinas IL-6, IL-1 β y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), indispensables para la comunicación celular; (ii) mediante la regulación de la capacidad de respuesta de las células acinas naturales, conocidas como “Natural Killer”, fundamentales

en la eliminación de células dañadas o cancerígenas; (iii) al afectar la maduración de las células dendríticas y la expresión de moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad y (iv) al intervenir en la maduración de los linfocitos T y B y en la producción de anticuerpos (11).

Alteraciones en la inmunidad intestinal causados por la deficiencia de zinc generan un aumento en el riesgo de padecer diarreas de origen infeccioso y de mayores complicaciones en enfermedades intestinales inflamatorias como la enfermedad celiaca y la enfermedad de Crohn (12). Se conoce además que a nivel intestinal la deficiencia de zinc altera la adsorción de agua y electrolitos lo cual constituye un mecanismo adicional en la producción de diarrea (13)

Actualmente y gracias a los avances en las técnicas moleculares, se ha podido establecer que el zinc juega un papel fundamental en los mecanismos de proliferación celular y apoptosis. El zinc al unirse a residuos de los aminoácidos cisteína e histidina de algunas proteínas, les permite la adecuada conformación de dominios específicos llamados “dedos de zinc”, que actúan como sitios de unión a ácidos nucleicos, otras proteínas e incluso lípidos, pudiendo así cumplir funciones biológicas, relacionadas con el crecimiento celular, desarrollo sexual y crecimiento neuronal (14). Los receptores de las hormonas esteroideas, por ejemplo, tienen estructuras de esta naturaleza que permiten la unión al ADN de estos importantes reguladores transcripcionales de genes que intervienen en el ciclo celular (15).

Experimentalmente se han podido establecer relaciones directas entre la deficiencia de zinc y patologías como el cáncer, Alder y colaboradores (16) por ejemplo, encontraron que en el carcinoma de células escamosas de esófago de ratas deficientes de zinc, se presenta un aumento en la expresión de microRNAs, debido a alteraciones en la expresión del gen de codifica para estos importantes controladores

post transcripcionales de la actividad celular, confirmando además que la suplementación con zinc reduce significativamente esa anormalidad en los animales.

Estudios en modelos animales deficientes de zinc han permitido demostrar que la suplementación con este micronutriente, acelera y potencia los efectos de la terapia antidepresiva y aumenta la expresión en el hipocampo del factor neurotrópico derivado del cerebro descrito con la abreviatura BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor), proteína relacionada con el crecimiento y diferenciación de las células neuronales y la aparición de nuevas sinapsis (17). En ratas deficientes de zinc que manifestaron trastornos en la memoria y la capacidad de aprendizaje, se logró demostrar que la suplementación con este micronutriente no solo recupera las capacidades cognitivas de los animales, si no que mejora los daños estructurales causados por la deficiencia en las células neuronales (18). En la enfermedad de Alzheimer, se ha observado que alteraciones en la homeostasis del zinc en las células del hipocampo, son una de las principales causas de la formación de placas neuríticas por depósitos extracelulares de beta-amiloide, características de la enfermedad (19).

Fuentes nutricionales de zinc

El zinc se encuentra en abundantes cantidades en los alimentos de origen animal, como carnes de vacuno o porcino (2.9–4.7 mg/100 g), pollo (1.8-3.0 mg/100g), pescados y mariscos (0.5–5.2 mg/100g), productos lácteos como leche y queso (0.4–3.1 mg/100g) y en vegetales como cereales integrales (0.5–3.2 mg/100g) y algunos frutos secos (2.9–7.8 mg/100g), sin embargo su biodisponibilidad es mayor en los alimentos de origen animal, ya que además de contener zinc proporcionan la cantidad necesaria de lisina que permite su solubilidad y buena absorción (20). En alimentos como cereales, leguminosas y oleaginosas, que tienen alto contenido de ácido fítico, poderoso quelante de cationes bivalentes, la absorción de zinc y otros oligoelementos es

inhibida debido a la formación de compuestos insolubles que son eliminados en las heces (21).

La biodisponibilidad y absorción del zinc en la dieta se establece por la relación molar fitato/zinc, que cuando es superior a 20 se asocia con mala absorción de este micronutriente. En América Latina y el Caribe se calcula que la relación molar de consumo fitato/zinc es de aproximadamente 21.1 ± 6 por lo que un alto porcentaje de la población que se encuentra en riesgo de deficiencia de zinc (22).

La ingesta diaria recomendada de zinc, debe ser determinada para cada población de acuerdo a la edad, el sexo y a la evaluación de su biodisponibilidad alimentaria en relación a los componentes de la dieta, teniendo en cuenta la relación molar fitato:zinc (23). En general las recomendaciones establecidas por el IZiNCG (International Zinc Nutrition Consultative Group) en relación a la ingesta diaria son: para niños entre 6 a 11 meses 4-5 mg, de uno a tres años de edad 3 mg, menores de 13 años 6-9 mg, mujeres adultas 8-9 mg, embarazadas 10-13 mg, lactantes 9-10 mg y hombres adultos 13-19 mg (20).

La intoxicación con zinc provoca náuseas, vómito, diarrea y fatiga, pero es muy poco frecuente, ya que requiere del consumo de cantidades entre 225 a 450 mg de zinc, la intoxicación crónica por el consumo continuo de dosis superiores a 100 mg /día en adultos, puede causar deficiencia de cobre o hierro por inhibición competitiva de su absorción. Dosis entre 25 a 35 mg/día en adultos no representan ningún riesgo (20).

El zinc en el Sistema Nervioso Central

El zinc en el sistema nervioso central se encuentra concentrado en las vesículas sinápticas de las neuronas glutamatérgicas, grupos neuronales que utilizan el ácido glutámico como neurotransmisor y que representan dos tercios de las neuronas de la corteza cerebral, estas neuronas tienen una función importante en la

potenciación de la memoria a largo plazo y el aprendizaje y es por ello que muchos estudios relacionan la deficiencia de zinc no solo con enfermedades degenerativas sino con el retraso cognitivo en niños y adolescentes (24,25). Solo hasta las últimas décadas se ha podido demostrar experimentalmente la importancia del zinc en muchos procesos neuronales, pero aún no se han dilucidado completamente los mecanismos moleculares por los cuales el zinc interviene en el desarrollo cognitivo.

La concentración de zinc en todo el Sistema Nervioso Central (SNC) adulto es cerca de 10 mg/g de tejido y dentro de la célula neuronal es de aproximadamente 150 mM. El zinc en el cerebro está distribuido de la siguiente manera: el 80% está unido a proteínas transportadoras y se conoce como la forma inactiva; el 20% restante se encuentra en forma libre o quelable, de este, aproximadamente la mitad (10% del total) está libre en el espacio interneuronal y el otro 10% está dentro de las vesículas sinápticas de las neuronas glutamatérgicas, que es donde se encuentra almacenado junto con el ácido glutámico, principal neurotransmisor de este grupo neuronal (26). Las neuronas que contienen zinc libre se encuentran principalmente en el hipocampo, aunque también existen en la corteza cerebral, la amígdala y el bulbo olfatorio. El transporte del zinc del plasma al líquido cefalorraquídeo y al espacio extracelular del cerebro es regulado por la barrera hematoencefálica (27).

La homeostasis del zinc en el cerebro está íntimamente relacionada con la actividad de sus proteínas transportadoras, existen dos familias de proteínas encargadas del transporte de zinc, las ZnT que reducen las concentraciones de zinc a nivel citoplasmático por promover su salida al espacio extracelular o su entrada a las vesículas intracelulares; y las proteínas transportadoras Zip que promueven la entrada del zinc extracelular o su salida de las vesículas para aumentar las concentraciones citoplasmáticas (28).

El zinc está presente en la regulación de importantes procesos cerebrales. Un estudio de la neurogenesis en ratas, demostró que la deficiencia de este micronutriente reduce significativamente la expresión de receptores del factor de crecimiento transformante beta (TGF- β) en las células precursoras neuronales del hipocampo, receptores que son fundamentales para la unión al DNA de co-activadores y co-represores transcripcionales de genes involucrados en la progresión del ciclo celular (29). Se ha podido observar que ratas alimentadas durante tres semanas con una dieta deficiente de zinc, mostraron una reducción significativa de la neurogénesis en el hipocampo y un incremento de la apoptosis con aumento de la caspasa 3 y el factor inductor de apoptosis (AIF), factores apoptóticos relacionados con la activación de la vía intrínseca por daño en el ADN (30).

Durante la embriogénesis del SNC, se ha descrito que la deficiencia de zinc disminuye la expresión de nestina, proteína fundamental para la proliferación y diferenciación de las células madre neurales (neural stem cells), evidenciando la importancia de este micronutriente en el adecuado crecimiento y desarrollo del cerebro fetal, principalmente en el tercer trimestre de gestación (31,32).

El glutatión es el principal antioxidante y protector contra el estrés oxidativo en el cerebro y alteraciones en su actividad están relacionadas con enfermedades neurodegenerativas como la esquizofrenia, el Parkinson y la isquemia cerebral. Experimentos in vitro, han demostrado que bajos niveles de zinc afectan la síntesis de glutatión en las células neuronales a nivel transcripcional y post transcripcional con un aumento de la sensibilidad neuronal al estrés oxidativo (33).

La Neurona Glutamatérgica

Las neuronas glutamatérgicas denominadas así por que utilizan el ácido glutámico como neurotransmisor, representan dos tercios de las neuronas de la corteza cerebral, también

llamadas “contenedoras de zinc” por las altas concentraciones de este elemento en su citoplasma, estas neuronas tienen una función importante en la potenciación de la memoria a largo plazo (LTP), el aprendizaje y los procesos cognitivos (24).

En el cuerpo neuronal, las vesículas contenedoras de zinc y glutamato son ensambladas en el aparato de Golgi, para luego, moverse a través del axón a la terminal pre sináptica, donde por exocitosis y posterior a un estímulo nervioso, liberan zinc y glutamato a la hendidura, elementos que luego son captados por los sitios de unión ionotróficos y metabotróficos en los receptores de la membrana post sináptica. Existen tres tipos de receptores ubicados en las terminales sinápticas y post sinápticas capaces de captar el zinc y el glutamato libres en la hendidura y su nombre se deriva de sus agonistas sintéticos, NMDA (N-metil-D-aspartato), AMPA (alfa-amino-3-hidroxi-5-metil-4-isoxazole propionato) y kainato. El NMDA es el que tiene mayor importancia porque posee el más alto número de sitios de unión para el glutamato y el zinc (24).

La estrecha relación del zinc y el neurotransmisor glutamato, que en estas neuronas están almacenados y son liberados de manera conjunta, demuestran la importancia del zinc en la sinapsis glutamatérgica y relacionan su función con los procesos bioquímicos de mielinización, liberación de neurotransmisores y modulación de la excitabilidad neuronal, participando activamente en los procesos cognitivos (34). El zinc permite la prolongación del estímulo excitatorio ya que modula la liberación del glutamato como neurotransmisor propiciador del estímulo y del ácido gamma amino butírico (GABA) como inhibidor (35).

Plasticidad Neuronal, zinc y aprendizaje

Hace más de un siglo el anatomista español Santiago Ramón y Cajal, quien con su descripción del funcionamiento del cerebro revolucionó el campo de las neurociencias, relacionó el proceso

de aprendizaje con cambios en las sinapsis, idea que actualmente es considerada la base celular del aprendizaje, aunque aún no se conozcan completamente los mecanismos ni las bases moleculares que la sustentan (36). Estudios realizados en la última década sugieren que las sinapsis en el hipocampo son selectivamente modificadas durante la adquisición de diferentes tipos de aprendizaje (37) y que la modificación sináptica podría estar dada por el potenciamiento de las conexiones sinápticas existentes o por un aumento en el número de estas (38,39) la capacidad cerebral de utilizar mecanismos de adaptación funcional, mediante la prolongación del estímulo excitatorio, para promover cambios estructurales en la célula capaces de minimizar los daños después de una lesión, aumentar la red neuronal en la habilidad para adquirir nuevos conocimientos y adaptarse a diversas circunstancias es lo que podríamos definir como plasticidad neuronal (40), La estimulación neuronal que genera una potenciación de la actividad sináptica capaz de mantenerse durante un tiempo mayor a la provocada por el estímulo, se conoce como potenciación a largo plazo (PLP) y es considerada el mecanismo base para la memoria y el aprendizaje (35). La PLP esta dada por un incremento en la concentración del neurotransmisor a nivel celular, causado por un aumento de la permeabilidad de los receptores post sinápticos, principalmente los NMDA (N-metil-D-aspartato) que tienen especial afinidad por el glutamato como neurotransmisor y de cuya actividad es el zinc uno de los principales reguladores (41,42).

La PLP promueve la proliferación y supervivencia celular por mecanismos que involucran además de la activación de los receptores NMDA, el aumento en el cerebro de los niveles del Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (FNDC), el cual es capaz de unirse al receptor tirosina kinasa TrkB, presente en las membranas celulares de las células neuronales y

de las células madres neuronales en el hipocampo, activando mecanismos de señalización celular que conllevan a la diferenciación y crecimiento neural (43).

Aunque en los últimos años se han realizado importantes avances en el intento de esclarecer completamente la relación directa entre el zinc y el desarrollo cognitivo, muchos de los adelantos han sido logrados gracias a experimentos in vitro en cultivos celulares o modelos animales; pero existen pocos estudios en humanos que establezcan la relación directa entre el zinc y el desarrollo cognitivo. Generalmente los estudios del efecto del zinc en humanos, consisten en la evaluación de la respuesta fisiológica o comportamental a la suplementación nutricional con una cantidad determinada de zinc, en una población vulnerable o sospechosa de deficiencia, ya que las variaciones biológicas de las concentraciones de zinc, no siempre son fácilmente cuantificables, más aun cuando son a nivel cerebral. En la tabla 1 se referencian algunos de los estudios publicados entre los años 2001 a 2013, que permiten mostrar cómo ha sido evaluado el efecto de la suplementación con zinc en el desarrollo cognitivo por diversos autores.

Actualmente la Neurociencia Cognitiva busca relacionar directamente la función cerebral con las actividades mentales cognitivas (percepción, atención, memoria, lenguaje, razonamiento, coordinación visual, etc) (50). El desarrollo cognitivo, según la teoría de Piaget, ocurre con la reorganización de las estructuras mentales como consecuencia de procesos adaptativos al medio, a partir de la asimilación de experiencias y acomodación de las mismas de acuerdo con las estructuras cognitivas previas (51), desarrollo que finalmente estaría reflejado en el mejor desempeño de las actividades mentales. Los test utilizados para determinar la eficacia de la suplementación nutricional en el desarrollo cognitivo, se basan en la evaluación de aptitudes, conocimientos y capacidades, mediante una serie de preguntas o

TABLA 1. Estudios que relacionan la suplementación nutricional con zinc con mejoras en el desarrollo cognitivo.

Referencia	Población estudiada	Suplementación con zinc	Resultado de la evaluación cognitiva
(44)	150 neonatos. En Chile.	5 mg/día de zinc	Mejóro su desarrollo mental y motor evaluado a los 6 y 12 meses de edad mediante la escala II de Bayley
(45)	400 jóvenes con Déficit de Atención y Trastorno de Hiperactividad (ADHD). En Turquía.	150 mg/día sulfato de zinc (equivalente a 40 mg de zinc) durante 12 semanas	El zinc mejoro los síntomas de hiperactividad, impulsividad y manejo social de los jóvenes con ADHD. Evaluado mediante la escala ADHD, la escala de evaluación de Conners para docentes adaptada para Turquía, y la escala para padres de DuPaul
(46)	114 niños entre 9 y 30 meses. En Jamaica	10 mg/día zinc durante 6 meses	La suplementación con zinc mejora la coordinación ojo mano en los niños determinada mediante la escala de Desarrollo Mental de Griffith.
(47)	387 adultos entre 55 y 87 años. En Italia- Francia.	15 o 30 mg/día de zinc	Con 3 y 6 meses de suplementación, mejoró memoria visual, atención y tiempo de reacción, evaluados mediante el test neuropsicológico de Cambridge
(48)	163 neonatos 87 grupo experimental. En Cuba.	10 mg/día durante 6 meses	Se observó un aumento en el desarrollo psicomotor de los niños suplementados con zinc durante los primeros 6 meses de vida, medido con la escala de Bayley
(49)	36 escolares entre 6 a 9 años. En Brasil.	5 mg /día de zinc durante tres meses	La suplementación con zinc mejoró capacidades cognoscitivas específicas, determinadas mediante la escala de Inteligencia Wechsler -Niños (WISC-III)

Estudios realizados en diferentes países a diferentes grupos poblacionales entre los años 2001 y 2013, que relacionan cambios comportamentales y en las actividades mentales cognitivas como respuesta a la suplementación nutricional con zinc.

tareas a las que se somete el objeto de estudio y que reflejan cambios en el desempeño de las actividades mentales y cuyos resultados se comparan con un grupo de referencia.

La deficiencia de un micronutriente a consecuencia de su escasa ingesta o poca asimilación, generalmente está acompañada de otras carencias nutricionales que afectan

también el desarrollo físico y cognitivo. Existen estudios que relacionan la suplementación con otros micronutrientes con mejoras en el desarrollo cognitivo, Falkingham y colaboradores evaluaron 14 estudios relacionados con el efecto de la suplementación con hierro en el desarrollo cognitivo, encontrado que en mujeres y adolescentes independiente de los niveles

iniciales de hierro sérico, la suplementación mejora la atención y concentración, y que en mujeres y niños con estado anémico de base, el hierro mejora el coeficiente intelectual (52). Deficiencias de yodo, elemento fundamental en la síntesis de hormonas tiroideas esenciales en el funcionamiento y regulación del organismo, también se han relacionado con retraso en el desarrollo cognitivo (53). Respecto a la suplementación con vitamina B12 o ácido fólico, un meta análisis de la información disponible en las bases de datos reporta algunos estudios que relacionan su suplementación con efectos en la función cognitiva, aunque no se ha encontrado evidencia suficientemente sólida que reafirme dichas relaciones (54,55). Sin embargo el papel fundamental del zinc en la dinámica neuronal y su influencia en el mantenimiento de la potenciación a largo plazo, demostradas experimentalmente, hacen que sea este micronutriente el que de forma más directa permite establecer relaciones entre su suplementación y mejoras en el desarrollo cognitivo.

CONCLUSIONES

Una buena nutrición es fundamental en todas las etapas de la vida, permite el desarrollo físico, mental y el adecuado desempeño social de las personas, sin embargo, es durante los primeros años de vida cuando el cerebro está en su mayor etapa de desarrollo, se construyen gran parte de las estructuras mentales y se adquieren muchas de las habilidades cognitivas fundamentales para la adecuada interacción y adaptación al entorno durante toda la vida. En el mundo a pesar de los logros en las dos últimas décadas por combatir el hambre extrema, las deficiencias de micronutrientes y en especial de zinc siguen siendo un importante problema de salud pública, principalmente en los países en desarrollo.

Teniendo en cuenta la importancia del zinc en los procesos de proliferación celular neuronal, desarrollo del cerebro, desarrollo cognitivo y aprendizaje, es posible afirmar

que las deficiencias de este micronutriente que afectan de forma sensible la salud y el desarrollo cognitivo de los niños, tienen a futuro efectos en el desempeño intelectual, laboral y los años de vida productiva en los adultos. Lamentablemente se desconoce el efecto real de la deficiencia de zinc en el desarrollo social y económico de las regiones donde es altamente prevalente, así como tampoco se ha calculado los beneficios de la suplementación nutricional con zinc en el desarrollo del capital humano en relación a sus capacidades cognitivas y a sus potencialidades, que a futuro mejoraran su desempeño social y productivo generando desarrollo regional.

Resulta entonces interesante evaluar cuál podría ser la influencia de las deficiencias de zinc y de los programas de suplementación nutricional con zinc en el propósito de superar las desigualdades sociales y económicas de algunas regiones. En este contexto, se pretende con este artículo motivar a los profesionales de salud para la creación de proyectos de investigación que permitan dar respuesta a los grandes interrogantes que sobre este micronutriente se tiene actualmente y plantear las mejores estrategias de suplementación con zinc, en un enfoque multidimensional en pro del desarrollo social de las comunidades vulnerables.

REFERENCIAS

1. Nriagu J. Zinc deficiency in human health. *Sch Public Heal*. 2007;1–8. Disponible en: [http://www.extranet.elsevier.com/homepage_about/mrwd/nvrn/zinc Deficiency in Humans.pdf](http://www.extranet.elsevier.com/homepage_about/mrwd/nvrn/zinc%20Deficiency%20in%20Humans.pdf)
2. Caulfield LE, Black RE. Zinc Deficiency. *Comp Quantif Heal Risks Glob Reg Burd Dis*. 2004;257–80.
3. Guilbert JJ. The world health report 2002 - reducing risks, promoting healthy life. *Educ Health (Abingdon)*. 2003;16(2):230.
4. Cediell, G., Olivares, M., Brito, A., Cori, H., & de Romana, D. L. Zinc deficiency in Latin America and the Caribbean. *Food and Nutrition Bulletin*. 2015; 36(2 suppl):129-138.
5. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.

- Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia 2010 - ENSIN Bogotá; 2010
6. Grantham-McGregor, S., Cheung, Y. B., Cueto, S., Glewwe, P., Richter, L., Strupp, B. Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries. International Child Development Steering Group. *The Lancet*. 2007; 369(9555): 60-70.
 7. Barro, Robert J., and Jong Wha Lee. "A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010." *J.Jdeveco*; 2013: 184-198.
 8. Hambidge M. Zinc and Health : Current Status and Future Directions Human Zinc Deficiency 1. *Am Soc Nutr Sci*. 2000;1344–9.
 9. Health H, Prasad AS. Discovery of Human Zinc Deficiency : Its Impact on Human Health and Disease. *Adv Nutr*. 2013;4:176–90.
 10. Maverakis E, Fung MA, Lynch PJ, Draznin M, Michael DJ, Ruben B, Fazel N. Acrodermatitis enteropathica and an overview of zinc metabolism. *J Am Acad Dermatol*. 2007;56:116–124
 11. Bonaventura P, Benedetti G, Albar de F, Miossec P. Zinc and its role in immunity and inflammation. *Autoimmun Rev*. 2015;14(4):277–85.
 12. Abbey N. Folsom KNG and JI. Zinc as a Modulator of Chronic, Inflammatory Intestinal Disorders with Focus on Celiac Disease, Inflammatory Bowel Syndrome and Crohn's Disease. *J Nutr Food Sci*. 2012;02(10):100-116.
 13. Ghishan, Fayez K. "Transport of electrolytes, water, and glucose in zinc deficiency." *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr*. 3.4 (1984): 608-612.
 14. Maret, Wolfgang. "Zinc biochemistry: from a single zinc enzyme to a key element of life." *Advances in Nutrition: AIRJ*. 2013;4.1: 82-91.
 15. Jacques A, Mettra B, Lebrun V, Latour JM, Sénèque O. On the design of zinc-finger models with cyclic peptides bearing a linear tail. *Chem - A Eur J*. 2013;19(12):3921–31.
 16. Alder, H., Taccioli, C., Chen, H., Jiang, Y., Smalley, K. J., Fadda, P. Dysregulation of miR-31 and miR-21 induced by zinc deficiency promotes esophageal cancer. *Carcinogenesis*. 2012; 33(9):1736-1744.
 17. Sowa-Kućma M, Legutko B, Szewczyk B, Novak K, Znojek P, Poleszak E, et al. Antidepressant-like activity of zinc: Further behavioral and molecular evidence. *J Neural Transm*. 2008;115(12):1621–8.
 18. Yu X, Jin L, Zhang X, Yu X. Effects of maternal mild zinc deficiency and zinc supplementation in offspring on spatial memory and hippocampal neuronal ultrastructural changes. *Nutrition*. 2013;29(2):457–61.
 19. Powell, Saul R. "The antioxidant properties of zinc." *J Nutr*. 2000;1447S-1454S.
 20. Hotz C, Brown KH. Assessment of the Risk of Zinc Deficiency in Populations and Options for Its Control. *Contents Int Zinc Nutr Consult Gr (IZiNCG)*. 2004;25:91–204.
 21. Brnic M, Wegmüller R, Zeder C, Senti G, Hurrell RF. Influence of Phytase, EDTA, and Polyphenols on Zinc absorption in Adults from Porridges Fortified with Zinc Sulphate or Zinc Oxide. *J Nutr*. 2014;144(9):1467–73.
 22. Brown K. H., Wuehler S. E., Peerson J. M. The importance of zinc in human nutrition and estimation of the global prevalence of zinc deficiency. *Food and Nutrition Bulletin*. 2001; 22(2):113-125.
 23. Lönnerdal, B. O. "Dietary factors influencing zinc absorption." *J Nutr*. 2000; 1378S-1383S.
 24. Frederickson CJ, Koh J-Y, Bush AI. The neurobiology of zinc in health and disease. *Nat Rev Neurosci*. 2005;6(6):449–62. Disponible en: <http://www.nature.com/doi/10.1038/nrn1671>
 25. Golub, M. S., et al. "Developmental zinc deficiency and behavior." *J Nutr*. 1995; 125.8 Suppl: 2263.
 26. Florianczyk, B. "Role of Zinc in nervous system cells." *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*. 2011, vol. 5, no 1.
 27. Levenson CW, Morris D. Zinc and Neurogenesis: Making New Neurons from Development to Adulthood. *Adv Nutr An Int Rev J*. 2011;2(2):96–100.
 28. Liuzzi JP, Cousins RJ. Mammalian Zinc Transporters. *Annu Rev Nutr*. 2004;24(1):151–72. Disponible en: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.nutr.24.012003.132402>
 29. Gower-Winter SD, Corniola RS, Morgan TJ, Levenson CW. Zinc deficiency regulates

- hippocampal gene expression and impairs neuronal differentiation. *Nutr Neurosci*. 2013;16(4):174–82. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23582512>
30. Gao HL, Zheng W, Xin N, Chi ZH, Wang ZY, Chen J, et al. Zinc deficiency reduces neurogenesis accompanied by neuronal apoptosis through caspase-dependent and -independent signaling pathways. *Neurotox Res*. 2009;16(4):416–25.
 31. Wang FD, Bian W, Kong LW, Zhao FJ, Guo JS, Jing NH. Maternal zinc deficiency impairs brain nestin expression in prenatal and postnatal mice. *Cell Res*. 2001;11(2):135–41. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11453545>
 32. Coban Z, Guran S, Sagaltici A. In vitro effects of zinc and folic acid on the expressions of Neurogenin 3, Kruppel-like factor 4, c-Myc, Nanog, Nestin and POU class 5 homeobox 1 genes. *J Exp Integr Med*. 2015;5(2):75.
 33. Omata Y, Salvador GA, Supasai S, Keenan AH, Oteiza PI. Decreased zinc availability affects glutathione metabolism in neuronal cells and in the developing brain. *Toxicol Sci*. 2013;133(1):90–100.
 34. Frederickson CJ, Suh SW, Silva D, Frederickson CJ, Thompson RB. Zinc and Health : Current Status and Future Directions Importance of Zinc in the Central Nervous System : The Zinc-Containing. *J Nutr*. 2000;1471–83.
 35. Vergnano AM, Rebola N, Savtchenko LP, Pinheiro PS, Casado M, Kieffer BL, et al. Zinc dynamics and action at excitatory synapses. *Neuron*. 2014;82(5):1101–14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2014.04.034>
 36. García Segura LM. Ramón y Cajal y la neurociencia del siglo XXI. *Jano*. 2005;1.583:16–22.
 37. Gruart A, Leal-Campanario R, López-Ramos JC, Delgado-García JM. Functional basis of associative learning and their relationships with long-term potentiation evoked in the involved neural circuits: Lessons from studies in behaving mammals. *Neurobiol Learn Mem*. 2015;124:3–18.
 38. Chau LS, Prakapenka A V., Zendeli L, Davis AS, Galvez R. Training-dependent associative learning induced neocortical structural plasticity: A trace eyeblink conditioning analysis. *PLoS One*. 2014;9(4).
 39. Chau LS, Davis AS, Galvez R. Neocortical synaptic proliferation following forebrain-dependent trace associative learning. *Behav Neurosci*. 2013;127(2):285–92. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23398434>
 40. Nakashima AS, Dyck RH. Zinc and cortical plasticity. *Brain Res Rev*. 2009;59(2):347–73.
 41. Izumi Y, Auberson YP, Zorumski CF. Zinc modulates bidirectional hippocampal plasticity by effects on NMDA receptors. *J Neurosci*. 2006;26(27):7181–8.
 42. Paoletti P, Bellone C, Zhou Q. NMDA receptor subunit diversity: impact on receptor properties, synaptic plasticity and disease. *Nat Rev Neurosci*. Nature Publishing Group; 2013;14(6):383–400. disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23686171>
 43. Cho T, Ryu JK, Taghibiglou C, Ge Y, Chan AW, Liu L, et al. Long-Term Potentiation Promotes Proliferation/Survival and Neuronal Differentiation of Neural Stem/Progenitor Cells. *PLoS One*. 2013;8(10).
 44. Castillo-Durán C, Perales CG, Hertrampf ED, Marín VB, Rivera F a., Icaza G. Effect of zinc supplementation on development and growth of Chilean infants. *J Pediatr*. 2001;138(2):229–35.
 45. Bilici M, Yildirim F, Kandil S, Bekaroglu M, Yildirmis S, Deger O, et al. Double-blind, placebo-controlled study of zinc sulfate in the treatment of attention deficit hyperactivity disorder. *Prog Neuro-Psychopharmacology Biol Psychiatry*. 2004;28(1):181–90.
 46. Gardner JMM, Powell CA, Baker-Henningham H, Walker SP, Cole TJ, Grantham-McGregor SM. Zinc supplementation and psychosocial stimulation: Effects on the development of undernourished Jamaican children. *Am J Clin Nutr*. 2005;82(2):399–405.
 47. Maylor EA, Simpson EEA, Secker DL, Meunier N, Andriollo-Sanchez M, Polito A, et al. Effects

- of zinc supplementation on cognitive function in healthy middle-aged and older adults: the ZENITH study. *Br J Nutr.* 2006;96(4):752–60.
48. Iménez RAJ, Martínez MAM, Eñalver ROP. Colombia Médica Efecto del zinc sobre el crecimiento y desarrollo del niño con bajo peso al nacer. *Colombia Médica.* 2007;38(Supl 1):6–13.
49. Moura, J. E., Moura, E. N. O., Alves, C. X., Lima Vale, S. H., Dantas, M. M. G., Araújo Silva, A, Brandão-Neto, J. Oral zinc supplementation may improve cognitive function in schoolchildren. *Biol Trace Elem Res.* 2013; 155(1):23-28.
50. Dehaene S, Naccache L. Towards a cognitive neuroscience of consciousness: Basic evidence and a workspace framework. *Cognition.* 2001;79(1-2):1–37.
51. Medina C., Ana J. El legado de Piaget. *Educere.* 2000; 3(9):11-15
52. Falkingham M, Abdelhamid A, Curtis P, Fairweather-Tait S, Dye L, Hooper L. The effects of oral iron supplementation on cognition in older children and adults: a systematic review and meta-analysis. *Nutr J.* 2010;9(1):4. Disponible en: <http://www.nutritionj.com/content/9/1/4>
53. Zimmermann MB, Connolly K, Bozo M, Bridson J, Rohner F, Grimci L. Iodine supplementation improves cognition in iodine-deficient schoolchildren in Albania: A randomized, controlled, double-blind study. *Am J Clin Nutr.* 2006;83(1):108–14.
54. Ethan M. Balk, Gowri Raman, Athina Tatsioni, Mei Chung, Joseph Lau, Irwin H. Rosenberg. Vitamin B6, B12, and folic acid supplementation and cognitive function: a systematic review of randomized trials. *Arch Intern Med.* 2007;167(1):21-30
55. Benoist BD: Conclusions of a WHO Technical Consultation on folate and vitamin B12 deficiencies. *Food and Nutrition Bulletin* 2008; 29 (2): S238-S244

Recibido: 23-02-2016

Aceptado: 10-05-2016

Circunferencia media de brazo en preescolares y escolares hospitalizados como valor predictivo de desnutrición aguda

Milagros Pontiles de Sánchez, Alba Morón de Salim, Susan Darias Perdomo.

Instituto de Investigaciones en Nutrición (INVESNUT). Escuela de Medicina, Universidad de Carabobo Sede Valencia, Venezuela. Escuela de Ciencias Biomédicas y Tecnológicas/Universidad de Carabobo Sede Valencia, Venezuela.

RESUMEN. Se evaluó el poder predictivo de la circunferencia media de brazo para la identificación precoz de desnutrición aguda en niños preescolares y escolares hospitalizados en dos hospitales de Valencia, estado Carabobo. Se evaluaron 182 niños entre 2-10 años. Estado nutricional antropométrico calculado por: circunferencia media del brazo para la edad CMB y peso para la talla P/T. Se empleó paquete estadístico SPSS versión 15.0 y Statistix versión 6.0. Se determinó sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo por Teorema de Bayes; correspondencia por índice Kappa; diagnóstico de desnutrición aguda y sensibilidad por CMB y área bajo la curva ROC; nivel de confianza 95%. Se encontró 51,1% masculinos, 48,9% femeninos, edad $5,2 \pm 2,2$ años; 71,4% pre-escolares, 28,6% escolares con $p=0,000$ entre las edades. Cuando se ajustó por sexo y edad, la CMB se correlacionó significativamente con el peso ($r=0,804$; $p=0,000$) y la talla ($r=0,510$; $p=0,000$). Índice Kappa de 0,720 ($p=0,000$) para la comparación entre P/T y CMB en el diagnóstico de desnutrición aguda. Prevalencia de 28% por desnutrición aguda para P/T y 34,6% para CMB, con concordancia entre ambos indicadores. CMB presentó buena sensibilidad y especificidad, siendo más sensible y específica en pre-escolares y escolares masculinos para niños con desnutrición aguda. Punto de corte para desnutrición aguda en preescolares 14,9 cm, con sensibilidad 85,5%; especificidad 74,5%; para escolares 16,0 cm con sensibilidad 89,2%; especificidad 80%. CMB demostró mejor predictor de desnutrición aguda que P/T. Se recomienda establecer puntos de corte específicos por edad y sexo, para la definición y clasificación del déficit nutricional.

Palabras clave: Desnutrición aguda, circunferencia media del brazo, sensibilidad, especificidad, niños hospitalizados.

SUMMARY: Media arm circumference in school and preschool hospitalized as predictive value of acute malnutrition. The predictive power of the middle arm circumference for early identification of acute malnutrition in preschool and school children hospitalized in two hospitals in Valencia, Carabobo state. Was evaluated 182 children aged 2-10 years were evaluated. Anthropometric nutritional status calculated by: mid-arm circumference for age MAC and weight for height P/T. SPSS version 15.0 and Statistix version 6.0 was used. Sensitivity, specificity, positive and negative predictive value was determined by Bayes Theorem; Kappa index for correspondence; Diagnosis of acute malnutrition and sensitivity by MAC and area under the curve ROC; 95% confidence level. We found 51.1% male, 48.9% female, age 5.2 ± 2.2 years; 71.4% pre-school, school 28.6% ($p = 0.000$) between ages. When adjusted for sex and age, the CMB was significantly correlated with weight ($r = 0.804$; $p = 0.000$) and height ($r = 0.510$; $p = 0.000$). Kappa index of 0.720 ($p = 0.000$) for the comparison between P/T and CMB in the diagnosis of acute malnutrition. Acute malnutrition 28% prevalence for P/T and 34.6% for MAC, with agreement between both indicators. MAC showed good sensitivity and specificity, being more sensitive and specific in pre-school and school male children with acute malnutrition. 14.9 cm of cutoff point for acute malnutrition in preschool, with 85.5% sensitivity; 74.5% specificity; for school 16 cm with 89.2% sensitivity; 80% specificity. MAC showed better predictor of acute malnutrition P/T. It is recommended to set specific cutoffs for age and sex, for the definition and classification of nutritional deficit.

Key words: Acute malnutrition, mid-arm circumference, sensitivity, specificity, hospitalized children.

INTRODUCCION

La circunferencia del brazo CMB, refleja reservas tanto calóricas como proteicas y tiene la ventaja de ser una medida fácil, rápida, económica y con menos posibilidad de error, en su determinación, que otras variables antropométricas (1). Trabajos de investigación han confirmado que el utilizar la circunferencia media del brazo para evaluar el estado nutricional como predictor de desnutrición en niños, permitiría a los pediatras identificar niños con necesidad de intervención nutricional como parte del tratamiento global al inicio de la hospitalización y establecer complicaciones y riesgo de muerte (2). En este sentido, se tiene que a nivel hospitalario, la evaluación antropométrica es una metodología útil, sencilla, económica que permite una clasificación objetiva del estado nutricional inicial para la detención e intervención precoz de la desnutrición; sin embargo a pesar de la existencia de estos métodos, aún existe un alto número de muertes infantiles por desnutrición hospitalaria, por lo que sigue siendo un problema importante por resolver (3).

La desnutrición de un enfermo al ser hospitalizado o adquirida durante su hospitalización generalmente está relacionada con la enfermedad de base y las condiciones socioeconómicas de éste. A pesar de esto, este problema probablemente pasa sub diagnosticado, por la falta de definiciones unificadas, prácticas diferentes para la valoración del estado nutricional y por el hecho de no establecer estrategias nutricionales como una prioridad dentro del cuidado de los pacientes por el equipo de salud. Sin embargo, las causas del deterioro nutricional durante la hospitalización, son múltiples, porque además de la patología aguda, pueden existir enfermedades asociadas, diferentes tratamientos farmacológicos, que generan trastornos del apetito, con anorexia disminución de la ingesta, pérdida y alteración en la utilización de nutrientes (2).

Cabe destacar que la hospitalización en la

niñez implica un riesgo nutricional elevado, relacionado con el aumento de los requerimientos energéticos y proteicos que demanda el estado catabólico de la enfermedad, falta de valoración de necesidades específicas de nutrientes, aceleradas velocidades de crecimiento en talla y peso en diferentes etapas del crecimiento, aunado a la existencia de factores inherentes al funcionamiento del servicio de hospitalización, tales como ayunos prolongados, abuso de soluciones glucosadas, indicación de dietas terapéuticas poco apetitosas y muy restrictivas, la presencia de diarreas, vómitos, cuadros de mal absorción intestinal, con indicación tardía de soporte nutricional. Adicionalmente, es importante considerar el estado nutricional previo a la hospitalización, edad del paciente: recién nacido, lactante, niño o adolescente, puesto que es un elemento que influye en la velocidad de instauración del cuadro de desnutrición (3).

Hasta los momentos existen estudios que indican que aproximadamente del 30% al 50% de los pacientes pediátricos ingresan a los hospitales, con algún grado de desnutrición o en riesgo de estarlo, porcentaje que se eleva al 70%, al ser dados de alta hospitalaria por el mantenimiento del ciclo desnutrición-infección (4).

Para diagnosticar el estado nutricional de los pacientes hay que tener en cuenta que no existe un indicador ideal y que ningún parámetro aislado tiene un valor determinante en el momento de realizar la valoración nutricional, por lo que la misma debe ser integral, considerando conjuntamente todos los resultados obtenidos (5), de allí que la valoración nutricional debe ser considerada como el primer eslabón del tratamiento, ya que su principal objetivo es identificar la malnutrición en sus dos formas y grados: déficits o en exceso, para que los niños pueden beneficiarse de un tratamiento precoz y adecuado y así evitar complicaciones diversas como retraso en la cicatrización de las heridas, menor resistencia a las infecciones, estancias hospitalarias prolongadas y a futuro

consecuencias en el crecimiento y el desarrollo.

Bajo este contexto, el primer requisito para conocer el grado de desnutrición aguda a nivel hospitalario es disponer de métodos sencillos, aplicables, que sus datos sean reproducibles, comparables con las poblaciones sanas y capaces de predecir con confiabilidad los resultados de otros métodos de valoración (5).

En los hospitales donde la talla y el peso no son fáciles de medir, la circunferencia media del brazo se puede utilizar, dado que en edad infantil son pocos los cambios, e indirectamente es un indicador de la masa corporal (6). En este sentido y con la intención de aportar datos mediante una técnica sencilla y eficaz que permita identificar precozmente la presencia de malnutrición por déficit, es que en el presente trabajo se usa la circunferencia media del brazo como el marcador antropométrico fiable de valor predictivo de desnutrición aguda, al ingreso y durante la hospitalización, ya que no es modificable marcadamente por los estados de hidratación (7).

Estudios han demostrado que, incluso para trabajadores de salud mínimamente entrenados, la fiabilidad de las mediciones de la circunferencia del brazo es al menos tan buena, o superior, a otras medidas antropométricas. Además, de la fiabilidad y sencillez, ha demostrado tener una sensibilidad mayor para predecir el riesgo de muerte, y puede ofrecer importantes ventajas en cuanto a costos (8).

Estudios en Venezuela, han sugerido que la circunferencia media de brazo, puede considerarse por sí sola, apropiada para despistaje nutricional en niños. En este orden de ideas, se realizaron estudios de la circunferencia del brazo en niños con alto riesgo de muerte y se determinó que esta podría identificar con una especificidad de 94% y sensibilidad de 56%, a niños que mueren por desnutrición aguda, casi el doble de la sensibilidad alcanzada por otros sistemas de detección antropométrica y sugieren que se

pueden detectar niños con alto riesgo de muerte, mediante la medición de la circunferencia del brazo, y ser utilizada en comunidades pobres, donde las intervenciones tienen que ser selectivas (9).

En este sentido, Soto y col. (10), evaluaron el estado nutricional de niños hospitalizados evidenciado que la mayoría de los pacientes presentaban algún grado de desnutrición, predominando la desnutrición aguda-leve en los pacientes que perdieron peso durante la estancia hospitalaria, siendo más afectados los que tenían más de una semana hospitalizados.

Por otro lado, Dairo y col. (11), calcularon la validez de la circunferencia del brazo como indicador de desnutrición aguda, obteniendo un punto de corte de 15,5 cm, a través de las curvas de ROC, con una sensibilidad del 80% y especificidad de 53,5%, lo cual demuestra que este podría ser un mejor punto de corte por su alta sensibilidad.

Por lo antes expuesto, los resultados del presente trabajo aportarán conocimientos que evalúan el poder predictivo de la circunferencia media de brazo para la detección precoz de desnutrición aguda en preescolares y escolares hospitalizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Investigación de tipo descriptivo-correlacional, de corte transversal y de campo, cuya población estuvo constituida por todos los pacientes pediátricos hospitalizados en el servicio de Pediatría del hospital del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales IVSS y el hospital del Ministerio del Poder Popular para la Salud MPPS, del estado Carabobo, Venezuela, periodo abril - agosto 2013.

La muestra de tipo no probabilística de juicio, estuvo constituida por 182 niños, de ambos sexos, con edad cronológica comprendida entre 2 y 10 años. Se excluyeron aquellos niños con

enfermedad crónica que tenían deterioro del estado nutricional previo a su ingreso; niños con malformaciones o lesiones de los miembros superiores, tales como celulitis, tumores, inmovilizaciones por traumatismos, o condiciones clínicas que impidieran cumplir con la evaluación nutricional antropométrica; pacientes con grandes masas tumorales, hidrocefalia, estados de deshidratación, edemas generalizados al ingreso, que condicionaran alteraciones del peso, por lo que fueron pesados y tallados luego de recuperar el equilibrio electrolítico.

Las mediciones antropométricas fueron realizadas por un personal debidamente entrenado y estandarizado en el Instituto de Investigaciones en Nutrición (INVESNUT) de la Universidad de Carabobo, para disminuir el error intermedidor y lograr mayor precisión y exactitud de los datos, para lo cual cada medida se tomó por triplicado y el análisis de los resultados se realizó con el valor promedio de cada medida.

El estudio cumplió con los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos según el Código de Bioética y Bioseguridad del Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias FONACIT (12). Se informó previamente a los padres o cuidadores del niño los objetivos de la investigación, los cuales firmaron y aceptaron participar en el estudio.

Se procedió a la toma de medidas antropométricas y se estableció el diagnóstico del estado nutricional según los indicadores peso para la talla, y circunferencia media de brazo para la edad, utilizando como valores de referencia de Proyecto Venezuela FUNDACREDESA (13).

La evaluación antropométrica se realizó al momento del ingreso hospitalario. Las variables utilizadas fueron edad cronológica, sexo, peso, talla y CMB, por medio de los cuales se procedió a elaborar los indicadores antropométricos de dimensión corporal, peso para la talla P/T, y circunferencia media de brazo para la edad CMB.

Para el peso, se empleó una báscula digital, marca TANITA, precisión 100 g. El paciente fue pesado descalzo con bata ligera, de pie en el centro de la plataforma, la medición se registró en kilogramos Kg.

La talla se midió en un tallímetro portátil marca SECA sensibilidad 0,1 cm. El niño sin zapatos ni medias, de pie erguido, de manera tal que talones, glúteos y cabeza estuviesen en contacto con la superficie vertical. Los talones permanecieron juntos y los hombros relajados para evitar la lordosis que se produce cuando los hombros se colocan hacia atrás. Se mantuvo la cabeza en el plano de Frankfort, se realizó la lectura y se registró en centímetros cm (13).

Para medir la circunferencia media del brazo, se usó una cinta métrica de fibra de vidrio, no extensible, de un grosor no mayor a 5 mm, marca MABIS con precisión 0,1 cm. El niño con el brazo izquierdo flexionado y formando un ángulo de 90° grados pegado al cuerpo. Se buscó la prominencia del hombro Acromion y el codo Olecranon y se midió la distancia entre ambos puntos, marcando el punto medio. Luego se extendió el brazo y rodeó el punto medio con la cinta métrica, teniendo cuidado de que la cinta no ejerciera presión y luego se procedió a la lectura, los datos se registraron en centímetros (cm) y se clasificaron los pacientes de acuerdo los criterios (11).

Los resultados se expresan en términos de media \pm desviación estándar, frecuencias absolutas y relativas. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba t de Student y la de proporciones a través del estadístico Z. Las correlaciones entre variables se midieron mediante la prueba de correlación de Pearson. Para la cuantificación de la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de los indicadores antropométricos se utilizó el Teorema de Bayes; mientras que la correspondencia de los resultados se evaluó a través del índice Kappa, para la

interpretación se utilizaron los puntos de corte de: <0,40 = pobre; 0,4-0,60 = moderada; 0,61-0,80 = buena; >0,80 = excelente o concordancia perfecta.

La determinación del valor de referencia de la circunferencia media del brazo para el diagnóstico de desnutrición aguda y su sensibilidad diagnóstica se comprobó calculando el Área Bajo la Curva o curva ROC, Receiver Operating Characteristic Curve. El análisis en base a curvas ROC se utilizó para determinar el punto de corte en el que se alcanzó la sensibilidad y especificidad más alta (12). El nivel de confianza empleado fue de 95% (NC=95%)- Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows, Statistic versión 6.0 y la hoja de cálculo de Excel.

RESULTADOS

Se evaluó un total de 182 niños donde la distribución por sexo reveló 51,1% masculinos y 48,9% femenino, con una edad promedio $5,2 \pm 2,2$ años. La edad no mostró diferencias estadísticamente significativas cuando se comparó por género, masculino = $5,2 \pm 2,3$ años vs femenino = $5,2 \pm 2,0$ años; $p = 0,823$.

Al agrupar los pacientes por edad, los resultados revelaron 71,4% pre-escolares y 28,6% escolares, con una diferencia significativa, $p=0,000$, entre las edades: escolares $7,82 \pm 1,54$ años vs $4,16 \pm 1,32$ años para pre-escolares y una mayor frecuencia significativa de pre-escolares $Z = 8,18$; $p = 0,000$.

La distribución por sexo de los pacientes hospitalizados en estudio respectivamente y el indicador antropométrico no mostró diferencia significativa en las variables a pesar de la tendencia elevada de las mismas en el sexo masculino, Tabla 1.

En la Tabla 2, se muestran

los resultados del diagnóstico nutricional antropométrico según los indicadores P/T y CMB en pre-escolares y escolares. Cuando se ajustó por sexo y edad, la CMB correlacionó significativamente con el peso, $r = 0,804$; $p = 0,000$ y la talla $r = 0,510$; $p = 0,000$. En todos los pacientes evaluados, $n = 182$, el índice Kappa para la comparación entre los indicadores P/T y CMB en el diagnóstico de desnutrición aguda, arrojó un resultado de 0,720, $p = 0,000$. Esto indicó la existencia de una buena concordancia entre ambos indicadores en el reconocimiento de pacientes con y sin desnutrición aguda.

La tabla 3, resume los resultados de los parámetros de desempeño, del indicador CMB para el diagnóstico de desnutrición aguda en comparación con el indicador P/T, en los sujetos estudiados y agrupados por edad y sexo.

En general, se pudo observar una buena concordancia entre los resultados de los indicadores P/T y CMB. Sin embargo, la mejor concordancia entre los indicadores mencionados en el reconocimiento de sujetos con o sin desnutrición aguda, se observó en los escolares, específicamente en el sexo femenino.

Cabe señalar que el indicador CMB presentó buena sensibilidad y especificidad, con mayor sensibilidad y especificidad en el diagnóstico de los niños con desnutrición aguda de pre-escolares y escolares del sexo masculino respectivamente. Adicionalmente, el

TABLA 1. Estadísticos descriptivos de las variables según el sexo

Variable	Todos (n=182)	Sexo		p
		Masculino (n=93)	Femenino (n=89)	
Peso (kg)	16,90 \pm 4,95	17,18 \pm 5,21	16,69 \pm 4,67	0,431
Talla (cm)	105,11 \pm 13,30	105,67 \pm 14,13	104,52 \pm 12,43	0,563
CMB (cm)	15,74 \pm 1,75	15,76 \pm 1,80	15,73 \pm 1,71	0,917

Los resultados se muestran en Media \pm Desviación Estándar; CMB: circunferencia media de brazo.

indicador CMB exhibió mejor valor predictivo positivo que valor predictivo negativo en todos los grupos estudiados. Las respectivas curvas ROC que generaron los referidos valores de referencia de CMB por edad y sexo se muestran en la Figura 1.

TABLA 2. Diagnóstico nutricional antropométrico según indicadores P/T y CMB en pre-escolares y escolares.

	Diagnostico Nutricional Antropométrico	Indicador	
		P/T n (%)	CMB n (%)
Pre-escolares (n=130)	Bajo la norma	36(27,7)	49(37,7)
	Normal	80(61,5)	78(60,0)
	Sobre la norma	14(10,8)	3(2,3)
Escolares (n=52)	Bajo la norma	15(28,8)	14(26,9)
	Normal	35(67,4)	36(69,3)
	Sobre la norma	2(3,8)	2(3,8)

P/T: Peso para la talla; CMB: Circunferencia media de brazo para la edad.

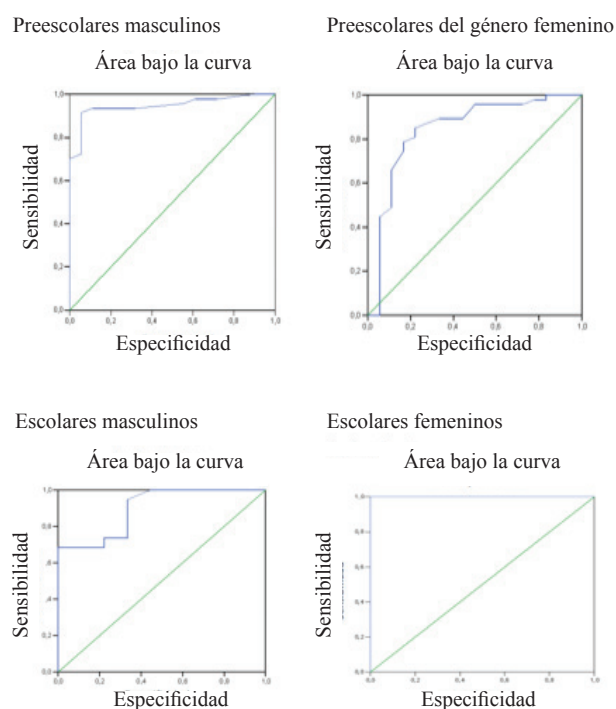


FIGURA 1. Curvas ROC que generaron los referidos valores de referencia de CMB por edad y sexo

TABLA 3. Parámetros de desempeño del indicador CMB para el diagnóstico de desnutrición aguda, en comparación con el indicador P/T según la edad y el sexo.

Parámetro de Desempeño	Grupo			
	Pre-escolares (n=130)		Escolares (n=52)	
	Masculino (n=65)	Femenino (n=65)	Masculino (n=28)	Femenino (n=24)
Sensibilidad (%)	94,4	88,9	88,9	83,3
Especificidad (%)	83,0	83,0	94,7	100,0
Índice Kappa	0,691**	0,652**	0,836**	0,882**
VPP (%)	68,0	66,7	88,9	100,0
VPN (%)	97,5	95,1	94,7	94,7
Falsos Negativos (n)	1	2	1	1
Falsos Positivos (n)	8	8	1	0

VPP: Valor predictivo positivo / VPN: Valor predictivo negativo / **p<0,01

DISCUSION

La desnutrición aguda produce cambios significativos en la composición corporal del paciente. Aunque estos cambios son pronunciados en el

compartimiento graso, son aún más profundos en el magro y en especial, en la masa celular corporal. La reducción del compartimiento magro como consecuencia de la deprivación nutricional

y estados hipercatabólicos, indican la incapacidad creciente del organismo para utilizar energía a fin de sostener las funciones vitales del mismo. Por ello, es necesario entender la desnutrición proteico-calórica como un desorden de la composición corporal del paciente en el tejido graso, masa celular corporal, proteínas plasmáticas y agua extracelular. Estos cambios en la composición corporal del paciente resultan en desórdenes bioquímicos y clínicos que distorsionan la respuesta normal del huésped frente a la enfermedad y su tratamiento (14).

Al abordar los problemas de la desnutrición durante la infancia es necesario hacer referencia a los factores determinantes de la salud, en especial a aquéllos de carácter social, ya que si bien la desnutrición aguda ha descendido en el último tiempo, se mantiene presente en países con altos índices de pobreza (14,15).

Al evaluar los resultados del presente estudio, se observó que del total de niños evaluados, 28% presentaban desnutrición aguda por el indicador peso/talla, esto pudiera ser el resultado del aumento de la pobreza en Venezuela, donde el porcentaje de hogares que viven en situación de pobreza pasó de 21,2% en el 2012 a 27,3% en el 2013, según el Instituto Nacional de Estadística, siendo la desnutrición aguda la cara visible del problema (16).

Los resultados coinciden con estudios que indican que la desnutrición aguda en el ámbito hospitalario puede llegar a alcanzar de 20 a 25% en países desarrollados, y hasta 60% en aquellos en vías de desarrollo (16), lo cual sugiere que la desnutrición aguda es un problema persistente en pacientes pediátricos hospitalizados, coincidiendo con los resultados de Durán y col. (17), en Argentina, que muestran una tasa de desnutrición aguda al momento del ingreso de 49,6%.

En el presente estudio, al analizar el estado nutricional de acuerdo al sexo se encontró que el déficit de peso para la talla fue mayor en escolares y preescolares masculinos. Esto pudo deberse a que el estado nutricional se ve afectado de ma-

nera diferente de acuerdo a la enfermedad y a la etapa evolutiva de la misma, que en esta investigación, no fue considerada. Cuando se ajustó por género y edad, la CMB se correlacionó significativamente con el peso.

Por otro lado, en el estudio se pudo observar un incremento de niños en edad preescolar y escolar con desnutrición aguda, en comparación a lo reportado en 2007 por el Sisvan, para la población nacional y el estado Carabobo (18). Así mismo la prevalencia de déficit agudo en escolares 28,8%, es mayor que el reportado según el estudio Nacional de Prevalencia de Sobrepeso y Obesidad, realizado por el Ministerio del Poder Popular para la Alimentación (19). Una posible explicación a este hallazgo pudiera deberse a la baja disponibilidad alimentaria que ha ido en aumento en los últimos años, donde se observa que en el país no se garantiza una alimentación saludable, ya que el 70% de las calorías disponibles para consumo humano son aportadas por cereales, grasas visibles y azúcares y miel (20).

En lo que respecta a la circunferencia del brazo, hubo valores crecientes con la edad, encontrándose similitud en el punto de corte para ambos sexos en el grupo de preescolares, a diferencia de lo que ocurre en los escolares, donde la circunferencia del brazo es mayor en los varones que en las niñas, datos semejantes a los obtenidos por Lailou y col (21) y Acuña (22) quienes señalaron puntos de corte de 13,8 cm y 14,5 cm respectivamente. Resultados similares en el punto de corte entre las niñas y niños en edad preescolar y la escasa variación de los indicadores que involucran grasa, como es el caso del indicador CMB, pudiera deberse a que en esta edad aún no es posible observar claramente el impacto hormonal específico en cada género y las respectivas modificaciones en la composición corporal. La demostración clínica de la efectividad de la CMB con base en estos resultados adquiere por tanto gran importancia.

Al comparar el punto de corte en escolares, hubo diferencias significativas en relación al gé-

nero; los niños mostraron un punto de corte de 16,6 cm, con una sensibilidad y especificidad de 74% y 78%, mientras que en las niñas fue de 15,6 cm con una sensibilidad y especificidad del 100%. Esto pudiera obedecer al dimorfismo sexual a favor de los varones, que aparece con un aumento de la circunferencia del brazo entre los 7-8 años que se debe fundamentalmente a un aumento de la masa muscular, la cual continúa a tasa variable y menor, con tendencia a aumentar hacia los 13 años. Henríquez y col (23), describen un aumento de la circunferencia muscular del brazo con la edad en ambos sexos, con valores superiores en el masculino hasta los 8 años. Este hallazgo es consistente con algunos estudios que señalan mayor variabilidad en los niños, durante el crecimiento, y en la composición corporal, situación que se atribuye a una maduración más temprana de las niñas. Por el contrario los patrones de crecimiento señalan que las niñas presentan a los 7 años una circunferencia media del brazo discretamente mayor que los varones, situación que se invierte a los 8 años y se mantiene a los 9 con valores de diferencia aún menores. De los 10 a los 13 años las curvas de ambos sexos ponen de manifiesto aumentos regulares y similares (24). Se concluye que para la población en estudio el indicador CMB fue más sensible y específico en el diagnóstico de desnutrición aguda en los pre-escolares y escolares masculinos y que la CMB fue mejor predictor de desnutrición aguda, en comparación con el indicador peso/talla según el área bajo la curva y en orden decreciente en, escolares del sexo femenino, pre-escolares masculinos, escolares masculinos y pre-escolares del sexo femenino. De acuerdo a los niveles de desnutrición observados, se recomienda incluir la CMB, para detectar riesgo nutricional al ingreso hospitalario, y establecer diagnóstico nutricional precoz con el fin de proveer al niño soporte nutricional adecuado, balanceado y oportuno, para evitar complicaciones y disminuir el riesgo de morir.

REFERENCIAS

1. Waterlow JC. Malnutrición Proteico-Energética Washington DC Organización Panamericana de la Salud 1996: 21-22 (Publicación Científica No 555)
2. Olukayode F., Tal-Hatu K., Adebola E., Olukemi T., Lukman O. Body mass composition: a predictor of admission outcomes among hospitalized Nigerian under 5 children. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2010;19 (3):295-300
3. Henríquez G., Dini E. Desnutrición hospitalaria. Cap. 1. Nutrición en Pediatría/ Centro de Atención Nutricional Infantil Antimano. (2ªed). Caracas, Venezuela: Empresas Polar: Cania; 2009
4. Joosten K., Zwart H., Hop W., Hulst J. National malnutrition screening days in hospitalized children in The Netherlands. *Arch Dis Child* 2010; 95 (2): 141-145
5. Villamayor Blanco L., Llimera-Rausell G., Vidal JV., González Pérez-Crespo C., Iniesta-Navalón C., Mira Sirvent M.^a C. et al . Valoración nutricional al ingreso hospitalario: iniciación al estudio entre distintas metodologías. *Nutr. Hosp.* 2006; 21(2): 163-172. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000200006&lng=es
6. Manary MJ, Sandige H L. Management of acute moderate and severe childhood malnutrition. *BMJ* 2008; 337: 1227-1230
7. Bejon P., Mohammed S., Mwangi I., Atkinson S., Osier F., Peshu N. Fraction of all hospital admissions and deaths attributable to malnutrition among children in rural Kenya. *Am J Clin Nutr* 2008; 88 (6): 1626-1631
8. Wangome M., Fegan G., Mbunya R., Prentice A., Berkley J. Reliability and accuracy of anthropometry performed by community health workers among infants under 6 months in rural Kenya. *Trop Med Intl Health.* 2012; 175:622-629
9. Briend A, Garenne M, Maire B, Fontaine O. Nutritional status, age and survival: the muscle mass hypothesis. *EJCN.* 1989;43(10):715-724
10. Soto I, Camacho N, Figueroa O, Martínez L, Noguera D. Prevalencia de Malnutrición en pacientes hospitalizados. *Bol. Hospital de niños J.M.de los Ríos.* 2002; 38(2):2532.
11. Dairo M., Modupeoluwa E., Modupeoluwa K. Reliability of the Mid Upper Arm Circumference for the Assessment of Wasting among Children

- Aged 12-59 Months in Urban Ibadan, Nigeria. *Int J Biomed Sci.* Jun 2012; 8(2): 140–143
12. Fonacit. gov.ve. [Página de Internet]. Caracas: Ministerio de Ciencia y Tecnología. Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación en Venezuela [actualizado 2002; [citado 13 Nov 2012]. Disponible en: www.fonacit.gob.ve/bioetica.asp
 13. López M, Landaeta M. Evaluación Nutricional Antropométrica. Manual de Crecimiento y Desarrollo. Sociedad Venezolana de Puericultura y Pediatría. Capítulo de Crecimiento, Desarrollo, Nutrición y Adolescencia. FUNDACREDESA Serono Caracas 1991 Pág. 1-23
 14. Cerda J., Cifuentes L. Uso de curvas ROC en investigación clínica. Aspectos teórico-prácticos *Rev. Chil Infect* 2012; 29 (2): 138-141
 15. Lutter C, Daelmans B, de Onis M, Kothari M, Ruel M, Arimond M. Undernutrition, poor feeding practices, and low coverage of key nutrition interventions. *Pediatrics* 2011; 128(6):e1418–27
 16. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Informe regional sobre desarrollo humano para América Latina y el Caribe 2010. Nueva York: PNUD; 2010.
 17. Durán P, Ramos O. Modificación en la situación nutricional la internación y factores asociados. *Arch Argent Pediatr.* 2001; 99(5):405-413.
 18. Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional SISVAN. Anuario del Sistema de vigilancia Alimentaria y Nutricional, 2007. Caracas: Instituto Nacional de Nutrición (INN), 33p.
 19. Sobrepeso y obesidad en Venezuela, prevalencia y factores condicionantes [Internet] Instituto Nacional de Nutrición; 2014. [Consultado 07 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.inn.gob.ve/pdf/libros/sobrepeso.pdf>.
 20. Lutter C, Daelmans B, De Onis M, Kothari M, Ruel M, Arimond M. Undernutrition, poor feeding practices, and low coverage of key nutrition interventions. *Pediatrics.* 2011;128(6):e 1418-27
 21. Lailou A, Sophonneary P, Groot R, Whitney S, Conkle J, Horton L. Optimal screening of children with acute malnutrition requires a change in current who guidelines as muac and whz identify different patient groups. *PLoS One.* 2014; 9(7): 101-159
 22. Acuña I. Indicadores socioeconómicos, de consumo, antropométricos y bioquímicos en el diagnóstico de desnutrición infantil [Tesis de Maestría]. Valencia, Venezuela: Universidad de Carabobo; 2006
 23. Henríquez G, Rached I, Azuaje A. Distribución percentilar del Índice Energía Proteína en edades pediátricas. *An Venez Nutr* 2009; 22(2)
 24. Pérez BM., Ramírez G., Landaeta-Jiménez M, Vásquez M Iconografía del dimorfismo sexual en dimensiones corporales y proporcionalidad, según estado nutricional en niños. *El Hatillo, Caracas. An Venez Nutr* 2010; 23 (1): 10-17.

Recibido: 10-03-2016

Aceptado: 14-06-2016

Ingesta alimentaria y estado nutricional de pacientes con enfermedad de Chagas

*Agustina Bertola Compagnucci, Ariana Dávila, Juan Beloscar,
Stella Maris Pezzotto, Hector Dávila.*

Instituto de Inmunología Clínica y Experimental de Rosario. IDICER. Hospital Provincial del Centenario y Cátedra de Cardiología, Fac. Cs Médicas, Universidad Nacional de Rosario. Consejo de Investigaciones. Universidad Nacional de Rosario. Santa Fé, Argentina.

RESUMEN: La enfermedad de Chagas es una infección parasitaria que afecta a 17 millones de personas en Latinoamérica. Es aún desconocida la real influencia del efecto del estado nutricional y la ingesta alimentaria sobre la evolución de la enfermedad hacia la miocardiopatía chagásica crónica, así como los factores de riesgo cardiovascular que pueden influir en la evolución de la patología. Con el objetivo de caracterizar la ingesta alimentaria y determinar el estado nutricional de las personas con enfermedad de Chagas, se llevó a cabo un estudio descriptivo transversal de una muestra de pacientes atendidos en el servicio de cardiología del Hospital Centenario de Rosario. Se recolectaron datos sobre las características generales de la muestra, se realizaron mediciones antropométricas y se entrevistó sobre el consumo de alimentos a través de un cuestionario de frecuencia de consumo y un atlas fotográfico. Se reclutaron 113 paciente, de los cuales el 70% de los hombres y el 90 % de las mujeres presentaban sobrepeso u obesidad. Además el 78.9% de las mujeres y el 27% de los hombres, presento un Índice cintura/cadera de riesgo cardiovascular. En el análisis de la ingesta de macronutrientes se observa que se superan las recomendaciones del aporte de lípidos. Al analizar la ingesta de alimentos por grupos se encontró que los hombres consumen más carne vacuna magra, fiambres y embutidos, carne de cerdo y bebidas alcohólicas, en cambio las mujeres ingieren más lácteos enteros y bebidas azucaradas. Esta muestra urbana de pacientes con enfermedad de Chagas, presenta un perfil nutricional similar al de la población general, y el consumo alimentario se encuentra influenciado por la vida en las grandes ciudades.

Palabras clave: Enfermedad de Chagas, alimentación, estado nutricional, factores de riesgo cardiovascular.

SUMMARY: Dietary intake and nutritional status of patients with Chagas disease. Chagas disease is a parasitic infection that affects 17 million people in Latin America. The real influence of nutritional status and food intake effect over the course of the disease to chronic Chagas Cardiomyopathy is still unknown. Furthermore, some cardiovascular risk factors might influence the evolution of the disease. A cross-sectional study of a sample of patients with Chagas disease attending the Cardiology Section of the Hospital Centenario of Rosario was carried out in order to characterize their food intake and nutritional status. Data on the general characteristics of the sample was collected; anthropometric measurements were performed and food consumption was investigated using a food frequency questionnaire and a n photographic atlas. One hundred and thirteen patients were enrolled; 70% of men and 90% of women were overweight or obese. In addition 78.9% of women and 27% of men presented a waist-hip ratio according to cardiovascular risk. When analyzing macronutrient intake, it was observed that lipid intake recommendations were exceeded. When the food intake groups were analyzed separately, it was found that men consume more lean beef, cold cuts, pork and alcoholic drinks, while women eat more whole dairy products and sugary drinks. This patients' urban sample with Chagas disease, he presents a nutritional profile similar to that of the general population, and the food consumption is influenced by life in big cities.

Key words: Chagas disease, diet, nutritional status, cardiovascular risk factors.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas (1) o tripanosomiasis americana es una afección

parasitaria producida por el protozoo *Trypanosoma cruzi* (*T. cruzi*). La manera más frecuente de adquirir la infección es la vectorial,

a través de insectos hematófagos de la subfamilia Triatominae. En la Argentina el más frecuente es el *Triatoma infestans* (vinchuca). Esta parasitosis es una causa importante de morbilidad y mortalidad en América Latina, se estima que hay 17 millones de personas parasitadas (2).

En la Argentina la prevalencia de la infección en el área endémica es variable y puede encontrarse el 79% en Río Seco, un área rural de la provincia de Córdoba (3), hasta el 1.1% en Río Negro (4).

Clínicamente esta parasitosis cursa en el hombre, en la mayor parte de los casos, con un cuadro agudo inaparente y con menos frecuencia con un síndrome febril infeccioso, seguido por una fase asintomática. Alrededor de 20 años después de la infección, el 20-40% de estas personas desarrollan alteraciones cardíacas con diversos grados de compromiso, que configuran la miocardiopatía chagásica crónica (MCC), o provocando distintos grado de incapacidad física. Aún no se ha determinado cuales son los factores que llevan a la evolución de la infección chagásica hacia la MCC.

Aunque el tema sigue en estudio, varios trabajos indican que la respuesta inmune contra el parásito, fundamental para el control de la infección, estaría involucrada en la generación del daño cardíaco que se observa en el período crónico mediado por reacciones autoinmunes disparadas por antígenos del parásito (5).

A pesar de cierta controversia, la MCC puede darse como resultado de varios mecanismos patogénicos que actúan de forma concomitante, tales como la respuesta inmune al antígeno del parásito, procesos autoinmunes y la inflamación que acompaña a estas respuestas (6).

Se debe tener en cuenta que el sistema inmune de una persona, puede verse afectado por su estado nutricional (7-8), por lo tanto, alteraciones en el mismo podrían influir sobre la evolución de la patología.

Además, a pesar de la importancia de

esta enfermedad, no hay información sobre cómo puede influir el estado nutricional en la evolución de la misma. Hay pocos trabajos que, recientemente, han comenzado a estudiar posibles correlaciones entre los factores de riesgo cardiovascular y la evolución de la enfermedad de Chagas hacia la MCC (9).

Un trabajo realizado en la ciudad de Rosario, estudió la relación entre la presencia de factores de riesgo cardiovascular, la presencia de miocardiopatías y los anticuerpos que podrían desempeñar un papel patogénico en la enfermedad de Chagas. Encontraron que la presencia de factores de riesgo se asoció con un perfil diferente de respuestas de los anticuerpos y el grado de la afección cardíaca (6).

Aún no se ha abordado el análisis de la ingesta alimentaria en vista de la influencia que pudiera ejercer sobre la evolución de la enfermedad de Chagas o bien sobre las mejoras en los tratamientos que pudieran aportar los nutrientes a través de la alimentación.

El objetivo de este trabajo es caracterizar la ingesta alimentaria y determinar el estado nutricional de una muestra de pacientes con enfermedad de Chagas que concurren a control clínico periódico al Servicio de Cardiología del Hospital Centenario de la ciudad de Rosario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio descriptivo observacional transversal de una muestra de pacientes con enfermedad de Chagas que concurren a control clínico periódico al Servicio de Cardiología del Hospital Centenario de la ciudad de Rosario. Fueron criterios de inclusión: pacientes hombres y mujeres, con edades entre 20 y 65 años, con serología positiva para Chagas, que hayan aceptado participar voluntariamente en el estudio y firmado el consentimiento informado. Según el criterio establecido por la OPS-OMS (10), se considera paciente serológicamente positivo aquel que haya

resultado positivo con por lo menos dos pruebas bioquímicas distintas entre inmunofluorescencia indirecta (IFI), hemoaglutinación indirecta (HAI) o ensayo inmunoenzimático (ELISA). Se excluyeron los pacientes con cardiopatías no relacionadas con la enfermedad de Chagas; los que estaban cursando una infección sintomática de otro origen o la hubieran sufrido en el último mes; aquellos con trastornos manifiestos de mala absorción; pacientes con enfermedades crónicas de tipo inflamatorio, mujeres embarazadas y en periodo de lactancia.

Los diseños transversales se caracterizan porque solo se hace una medición en el tiempo en cada sujeto de estudio, las variables son recolectadas en simultáneo, por lo tanto tienen una escala baja en el nivel de causalidad. Sin embargo son útiles para caracterizar estados de salud de las muestras seleccionadas (11).

Todos los pacientes fueron pesados y medidos. El peso corporal se midió con una balanza marca CAM que pesa con una precisión de 100 g y un máximo de 140 kg. La talla con el tallmetro de la misma balanza. Además se les tomaron las circunferencias de cintura y de cadera con cinta métrica no extensible.

Con el peso y la talla se calculó en Índice de Masa Corporal (IMC) en kilogramos por metro cuadrado, y con las circunferencias de cintura y cadera en Índice cintura/ cadera (ICC). Se definió como sobrepeso un IMC entre 25 y 30 y como obesidad un IMC mayor de 30. Respecto del ICC, se estableció riesgo cardiovascular cuando fue superior a 0.88 en las mujeres y a 1 en hombres. (12)

Se realizó una entrevista personal, en la que se empleó una encuesta que permitió recolectar variables socio-económico-culturales y un cuestionario semicuantitativo de frecuencia de consumo de alimentos (FFQ) para cuantificar la ingesta alimentaria. Para estimar el tamaño de las porciones de alimentos se utilizó un Atlas fotográfico de modelos de alimentos. El FFQ y el Atlas son instrumentos validados para su uso en

Argentina (13,14).

El FFQ es el método más apropiado para la obtención de información sobre alimentación en estudios epidemiológicos, ya que provee estimaciones válidas y confiables de la dieta habitual en variadas poblaciones (15).

Para calcular los alimentos y nutrientes consumidos por los pacientes, se utilizó un programa informático también validado para la población Argentina (16).

Para el análisis estadístico de las variables cuantitativas se calcularon medias \pm errores estándar. La comparación de las mismas entre sexos se realizó aplicando pruebas T-Student. La significación estadística de las diferencias en la ingesta promedio de cada grupo alimentario se evaluó a través de un análisis de covarianza, ajustando por energía consumida. (17).

Para describir las variables cualitativas se calcularon frecuencias absolutas y relativas. La significación de las diferencias entre proporciones se analizó utilizando pruebas de Chi-Cuadrado o pruebas de la probabilidad exacta de Irwin Fisher, según corresponda. Se consideraron estadísticamente significativas las pruebas de hipótesis con valores de p asociados inferiores a 0.05 ($p < 0.05$) (17).

El proyecto fue revisado y aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario y del Hospital Provincial del Centenario de Rosario y se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes.

RESULTADOS

La muestra de este estudio quedó conformada por 113 pacientes con diagnóstico positivo de enfermedad de Chagas de los cuales 47 presentaron MCC. Del total de pacientes 37 son hombres (32.7%) y 76 son mujeres (67.3%).

La Tabla 1 muestra las características generales del grupo estudiado según sexo, observándose diferencias estadísticamente significativas en

TABLA 1. Características generales de la muestra estudiada según sexo.

Variables analizadas	Sexo		p
	Masculino: 37 (32.7%)	Femenino: 76 (67.3%)	
Edad (años promedio)	50.46 ± 11.32	53.33 ± 11.20	0.204
Años de residencia en zona endémica (promedio)	19.81 ± 16.66	17.45 ± 12.57	0.403
Situación laboral			
No trabaja	13.5%	48.7%	0.001*
Trabaja	78.4%	40.8%	
Jubilado pensionado	8.1%	10.5%	
Nivel de instrucción			
Sin instrucción	5.4%	11.8%	0.275
Primario incompleto	40.5%	44.7%	
Primario completo	40.5%	31.6%	
Secundario incompleto	0%	6.6%	
Secundario completo	10.8%	3.9%	
Terciario o universitario	2.7%	1.3%	
Estrato social			
Alto	0%	1.3%	0.438
Medio	5.4%	65.8%	
Bajo	64.9%	32.9%	
Carenciado	29.7%	0%	
Consumo de tabaco			
No fuma	43.2%	63.2%	0.054
Fuma	10.8%	13.2%	
Ex fumador	45.9%	23.7%	

*Diferencias estadísticamente significativas.

Test estadístico empleado: Test T- Student, Pruebas Chi-cuadrado y Pruebas de la probabilidad exacta de Irwin Fisher según la distribución de la variable analizada.

la Situación Laboral, en la cual el porcentaje de hombre trabajadores (78,4%) prácticamente duplica al porcentaje de las mujeres trabajadoras (40,8%). Los pacientes vienen de residir en lugares endémicos y hace un promedio unos $34 \pm 14,1$ años que viven en la ciudad de Rosario.

En las Figuras 1 y 2 pueden observarse las diferencias entre sexos en el Índice de masa corporal y en el Índice cintura/ cadera, siendo estadísticamente significativas en ambos casos. Las mujeres presentaron más sobrepeso u obesidad y un Índice cintura/cadera con riesgo cardiovascular. Se destaca que el 70% de los

hombres y el 90 % de las mujeres presentaron sobrepeso u obesidad y el 78.9% de las mujeres y el 27% de los hombres, un Índice cintura cadera de riesgo cardiovascular.

En las mujeres el consumo promedio diario de kcalorías fue de 1881.2 ± 610.7 y en los hombres 2286.7 ± 1126.2 ; encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p=0.015$).

En relación al aporte de macronutrientes, los carbohidratos fueron más consumidos por las mujeres que por los hombres con valores estadísticamente significativos ($p=0.024$). Las proteínas también fueron más consumidas por las mujeres y los lípidos por los hombres, aunque ambos macronutrientes sin diferencias significativas

($p=0.469$ y $p=0.106$ respectivamente). Sin embargo, tal como se observa en la Tabla 2, para los lípidos se superaron ampliamente las recomendaciones.

Analizando la ingesta de los diferentes grupos de alimentos, tal como se muestra en la tabla 3, se observa que se obtuvieron resultados estadísticamente significativos entre sexo para la carne vacuna magra, los fiambres y embutidos, la carne de cerdo y las bebidas alcohólicas, que fueron más consumidos por los hombres, y los lácteos enteros y las bebidas azucaradas que fueron más ingeridos por las mujeres.

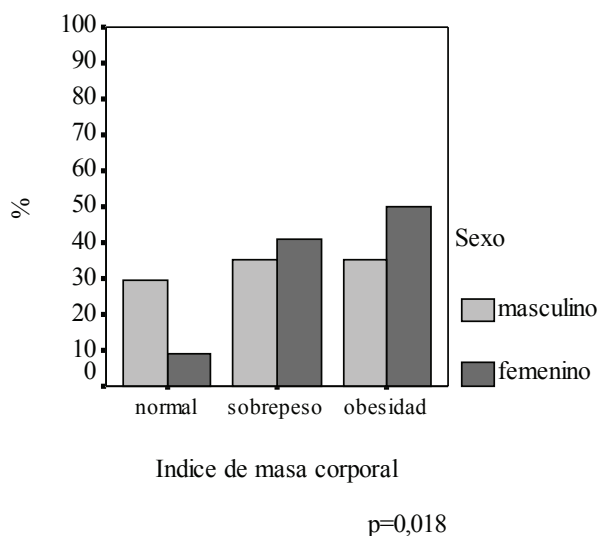


FIGURA 1. Relación entre el índice de masa corporal y el sexo de los pacientes.

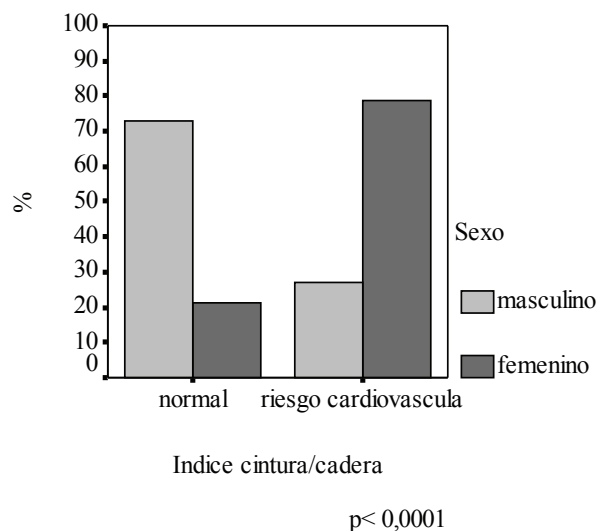


FIGURA 2. Relación entre el índice cintura/cadera y el sexo de los pacientes.

Los hombres mostraron una ingesta de al menos 1 vaso de bebidas alcohólicas (vino y cerveza) por día, y las mujeres casi ¼ litro de bebidas azucaradas (gaseosas o jugos comerciales) diariamente.

La ingesta de legumbres fue, en promedio, de una porción pequeña cada 10 días.

La carne vacuna fue más consumidas por los hombres, tanto en los cortes magros como grasos. Tanto hombres como mujeres optaron por un predominio de carnes grasas sobre las magras.

En relación a los fiambres y embutidos, los

hombres, duplicaron la ingesta de las mujeres. Los hombres de esta muestra consumieron en promedio diario 3 fetas de salame o salchichón o panceta o 2 fetas de jamón cocido o crudo o bondiola

La ingesta de carne de cerdo fue baja, menos de 1 porción mediana mensual. Lo mismo sucedió con el pescado, la media de consumo fue de 1 porción mediana mensual en los hombres y 1 porción grande mensual en las mujeres.

El consumo de las aceites vegetales triplicó el de grasas animales (crema de leche, manteca).

TABLA 2. Consumo de macronutrientes (%) aportado al Valor calórico total, comparado con las recomendaciones.

Macronutrientes	Sexo		Recomendaciones*
	Masculino	Femenino	
Proteínas	15%	15.4%	10-20 %
Carbohidratos	44.6%	50%	45-60%
Lípidos	40.4%	34.6%	25-30 %

*Guías alimentarias para la población Argentina. Segunda ed. Lema S, editor. Buenos Aires, Argentina: AADYND - Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas; 2006.

* Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and AminoAcids (Macronutrients). Washington, DC: National Academy Press, 2005.

TABLA 3. Diferencias entre sexos de consumo diario de grupos de alimentos (gramos), ajustadas por la energía total consumida.

Grupos de alimentos (g)	Sexo (promedio \pm error estándar)		P
	Masculino	Femenino	
Aceites vegetales	16.9 \pm 0.98	16.5 \pm 0.68	0.745
Grasas animales	3.5 \pm 1.25	2.8 \pm 0.87	0.655
Frutas secas	0.5 \pm 0.25	0.03 \pm 0.17	0.09
Legumbres	3.6 \pm 1.2	3.3 \pm 0.84	0.846
Carnes vacunas grasas	55.1 \pm 11.38	45.1 \pm 7.86	0.473
Carnes vacunas magras	39.4 \pm 4.76	27.7 \pm 3.29	0.049*
Pescado	4.9 \pm 2.57	7.6 \pm 1.78	0.389
Fiambres y embutidos	46 \pm 7.03	23.4 \pm 4.86	0.01*
Carne de cerdo	3.7 \pm 1.02	1.0 \pm 0.70	0.037*
Pollo con piel	37.9 \pm 9.63	41.4 \pm 6.66	0.772
Pollo sin piel	42 \pm 12.02	51.8 \pm 8.30	0.510
Cereales, pastas y granos	191.5 \pm 11.60	194.2 \pm 8.02	0.853
Huevos	7.6 \pm 1.98	11.3 \pm 1.34	0.132
Lácteos descremados	11.9 \pm 16.90	45.6 \pm 11.68	0.108
Lácteos enteros	79.7 \pm 22.30	149.8 \pm 15.41	0.012*
Bebidas alcohólicas	79.5 \pm 15.09	19.2 \pm 10.43	0.002*
Bebidas azucaradas	122.4 \pm 33.70	207.5 \pm 22.60	0.037*
Achuras	4.4 \pm 2.56	5.3 \pm 1.77	0.788
Frutas frescas	107.9 \pm 19.48	147.9 \pm 13.47	0.098
Hortalizas frescas	325.2 \pm 32.86	342.1 \pm 22.71	0.677

*Diferencias estadísticamente significativas.

Test estadístico empleado: Análisis covarianza.

TABLA 4. Diferencias entre sexos de consumo diario de hortalizas y frutas según variedad, ajustadas por la energía total consumida.

Grupos de alimentos (g)	Sexo (promedio \pm error estándar)		p
	Masculino	Femenino	
Rojas y amarillas	173.2 \pm 22.9	192.3 \pm 15.8	0,498
Crucíferas	3.7 \pm 3.5	7.8 \pm 2.4	0,348
Hojas verdes	53.2 \pm 9.8	57.8 \pm 6.8	0,703
Papa	57.6 \pm 9	55.3 \pm 6.3	0,835
Otras hortalizas	37.4 \pm 5.6	28.8 \pm 3.8	0,214
Ricas en vitamina C	44 \pm 11.5	67.1 \pm 7.9	0,107
Otras frutas	63.9 \pm 12.3	80.8 \pm 8.5	0,265

Test estadístico empleado: Análisis covarianza.

La ingesta de lácteos enteros (ricos en grasas saturadas) fue mayor al de lácteos descremados (la 8va parte en los hombres y la 3era en las mujeres).

Las hortalizas y frutas fueron clasificadas según la variedad, tal como lo muestra la Tabla 4, y a pesar de no haberse encontrado diferencias entre sexos, pueden observarse mayor tendencia de consumo de la muestra hacia uno u otro grupo.

El consumo promedio de frutas fue de menos de 1 unidad diaria. En particular, el consumo promedio de frutas cítricas fue de 2 unidades por semana en los hombres y 3 unidades en las mujeres.

La ingesta de hortalizas fue entre los 300-345 g promedio diario, la papa aportó a este grupo casi 60 g. El grupo de hortalizas más consumido fue el de vegetales rojos y amarillos, es decir, aquellos que, en general, se consumen cocidos (calaba-

za, zanahoria, zapallo, tomate). El aporte de hojas verdes, representó menos de 1 porción pequeña por día.

En relación al hábito de fumar, en los hombres fue más frecuente que en las mujeres el consumo de cigarrillo. Más del 55% fumó o fuma en la actualidad, siendo este % menor del 50% en el grupo de mujeres

DISCUSIÓN

Son conocidas las limitaciones que presentan los diseños transversales, sin embargo, en este caso nos permite caracterizar la ingesta alimentaria y el estado nutricional de la muestra estudiada, objetivo planteado en este trabajo (11).

En vista de la escases de trabajos que, hasta el momento, han abordado el estado nutricional y la ingesta alimentaria en pacientes con enfermedad de Chagas, para analizar las características generales, el estado nutricional de la muestra y su ingesta alimentaria hemos utilizado las recomendaciones de la OMS para la Prevención de las enfermedades cardiovasculares y las Guías alimentarias para la población Argentina (18,19).

Hay dos publicaciones donde se ha evaluado el estado nutricional de personas con enfermedad de Chagas. En una lo encontraron desmejorado, ya que todas las variables antropométricas se asociaron con la infección, alcanzando, las mismas, menos valores en los ancianos enfermos con enfermedad de Chagas. En cambio en la otra publicación el 55% de la muestra presentó índice de cintura elevado y el 94% tenía sobrepeso u obesidad. Probablemente estos hallazgos de deban a que la primer publicación es de un estudio de prevalencia de enfermedad de Chagas realizado en ancianos, mientras que el otro se trata de una muestra con edad promedio de 50 años, similar a la estudiada por nosotros. Esto explicaría la similitud de los resultados, mostrándonos que las muestras urbanas de pacientes con enfermedad de Chagas sufren los mismos problemas nutricionales que la población en general (20,9). Si comparamos

los resultados obtenidos por nosotros con la 3er Encuesta Nacional de Factores de Riesgo para Enfermedades No Transmisibles (21), superamos el % de personas tanto con sobrepeso (37% contra 39%) como con obesidad (20,8% contra 45%). Aunque deben considerarse las conclusiones de las Encuestas Nacionales; aumenta la obesidad y el sobrepeso al disminuir el nivel educativo y las condiciones socioeconómicas; y nuestra muestra presenta un perfil con estas características (21, 22).

Analizando el aporte de cada uno de los macronutrientes al valor calórico total, observamos que las grasas superaron la recomendación máxima del 30% (23). Comparando con los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud, las mujeres de esta muestra presentaron ingestas mayores de grasas y menores de carbohidratos, motivo por el cual no es armónica la distribución de aporte de macronutrientes al valor calórico total, como si se encontró en la Encuesta Nacional (22).

Se destaca que fue alto el aporte calórico de bebidas alcohólicas y azucaradas, consideradas kcalorías vacías y recomendadas a ser consumidas ocasionalmente (19).

No se cumple con la recomendación de ingesta de cereales integrales, ya que el pan, las galletitas y los granos que consumió esta muestra son blancos y decorticados respectivamente (18,19).

La ingesta de legumbres, cuya promoción apunta al aporte de proteínas vegetales y fibra, fue muy baja (18,19).

La selección de carnes, no cumple con las recomendaciones, ya que hubo un predominio en el consumo de carnes grasas y bajos aportes de pescado. Se destaca que el pollo fue más consumido sin piel que con piel (19).

La recomendación del consumo esporádico de fiambres y embutidos, por ser una fuente importante de grasas saturadas y sodio, no fue cumplida por la muestra estudiada. Y similar

sucedió con los lácteos, ya que fueron más consumidos los enteros que los descremados, encontrando otro grupo alimentario que aporta grasas saturadas a la alimentación de este grupo de pacientes (18,19).

A pesar de que las aceites vegetales superaron la ingesta de las grasa animales, que es lo recomendado según la OMS para reducir los aportes de grasas saturadas, a futuro será necesario analizar el perfil de los ácidos grasos aportados en toda la alimentación en vista de la recomendación que sugiere que las grasas saturadas aporten menos del 10% de la energía total consumida (18).

Respecto del consumo de frutas y verduras, los 400 g diarios recomendados por la OMS fueron alcanzados por hombres y mujeres. Sin embargo, se destaca que fue alta la ingesta de vegetales cocidos y baja de vegetales crudos y frutas cítricas, fuentes de vitamina C (18).

Las recomendaciones de las OMS indican que los individuos con sobrepeso u obesidad deben bajar de peso a través de dieta y actividad física (18), sin embargo observando el perfil alimentario de esta muestra, principalmente por el aporte de grasas y el consumo en particular de algunos alimentos ricos en grasas saturadas y calorías vacías, es poco probable, que sin una intervención de educación alimentaria nutricional pueda revertirse su situación de exceso de peso.

En relación al hábito de fumar según nuestros resultados, la muestra estudiada no cumple con la recomendación de la OMS que sugiere que se elimine el consumo del cigarrillo (18).

Respecto de la influencia de nutrientes específicos, en los últimos años se han comenzado a desarrollar algunos ensayos probando el efecto de algunas vitaminas, minerales – principalmente antioxidantes- o ácidos grasos en la evolución de las complicaciones cardiovasculares en pacientes con enfermedad de Chagas.

Un estudio realizado recientemente evaluó los niveles sanguíneos de marcadores de estrés oxidativo antes y después de tratar a pacientes con enfermedad de Chagas con complicaciones

cardiovasculares con carvedilol solamente y combinando carvedilol con vitaminas E y C. La terapia combinada con las vitaminas antioxidantes mostró marcadores del estrés oxidativo menores que la terapia única con carvedilol, especialmente en aquellos menos gravemente afectados cardiacamente (24).

Hay dos protocolos recientemente publicados. Uno de ellos planea ensayar el efecto de la suplementación de Selenio y evaluar la evolución de las complicaciones cardiovasculares en pacientes con enfermedad de Chagas (25).

Otro protocolo probará la suplementación de ácidos grasos omega 3, en vista a su función antiinflamatoria para las cardiopatías. Se espera que pueda brindar beneficios en la enfermedad de Chagas crónica, mejorando el perfil metabólico y antropométrico y disminuyendo los valores en los marcadores inflamatorios (26).

El abordaje epidemiológico de las enfermedades desde múltiples ámbitos, puede permitirnos que su tratamiento también pueda ser combinado, incluyendo aspectos de la vida cotidiana como la alimentación. Según los resultados obtenidos, esta muestra urbana de pacientes con enfermedad de Chagas, presenta un perfil nutricional similar al de la población general, y el consumo alimentario se encuentra influenciado por la vida en las grandes ciudades. Una intervención de educación alimentaria nutricional podría ser una herramienta útil para la promoción de hábitos saludables.

A futuro se nos presenta como desafío traducir la ingesta alimentaria en nutrientes y evaluar el cumplimiento de las recomendaciones de consumo de vitaminas y minerales, y realizar el análisis de riesgo de desarrollar complicaciones cardiovasculares en estos pacientes con enfermedad de Chagas.

REFERENCIAS

1. Chagas C. Nova tripanozomiase humana. Estudos sobre a morfologia e o ciclo evolutivo de *Schizotrypanum cruzi*, agente etiológico da nova antidademorbida do homem. Mem Inst Oswaldo Cruz. 1909; 1:159-218.

2. World Health Organization (WHO), Pan American Health Organization (PAHO) Regional Office, 2007. The Burden of Neglected Diseases in Latin America and the Caribbean Compared with Some Other Communicable Diseases. [Citado 15 de marzo 2015]. Disponible en: <http://www.paho.org/English/AD/DPC/CD/psit-nd-graph.htm>.
3. Cichero JA, Bonet AH, Grand J, Rossini AJ, Segura E. Investigación de la prevalencia de la enfermedad de Chagas-Mazza en comunidades rurales. Segundas Jornadas Entomopidemiológica Argentinas. 1967; 2:11-19.
4. Storino R, Milei J. Enfermedad de Chagas. Editorial Doyma Argentina S.A; 1994.
5. Petry K, Eisen H. Chagas disease: a model for the study of autoimmune disease. *Parasitol Today*. 1989; 5:111-6.
6. Diez C, Gea S, Marcipar I, Pezzotto SM, Beloscar J, Pellizzon O, et al. Cardiovascular risk factors in chronic Chagas' disease are associated with a different profile of putative heart-pathogenic antibodies. *FEMS Immunol Med Microbiol*. 2006; 48:26-33.
7. Ströhle A, Hahn A. Vitamin C and immune function. *Med Monatsschr Pharm*. 2009; 32(2):49-54.
8. Wilson JX. Mechanism of action of vitamin C in sepsis: Ascorbate modulates redox signaling in endothelium. *Biofactors*. 2009; 35(1): 5-13.
9. Geraix J, Ardisson L, Marcondes-Machado J, Câmara Marques Pereira P. Clinical and Nutritional Profile of Individuals with Chagas Disease. *Braz J Infect Dis*. 2007; 11(4):411-4.
10. Comité de Expertos de la Organización Mundial de la Salud: Control of Chagas' disease. Serie de informes técnicos, 811. 1991.
11. Hernandez-Avila M, et al. Diseño de estudios epidemiológicos. *Salud Pública Mexico*. 2000. 42(2):150-151.
12. 10 Facts on obesity. World Health Organization. 2014. [Citado 15 de marzo 2015]. Disponible en: <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/>
13. Navarro A, Osella AR, Guerra V, Muñoz SE, Lantieri MJ, Eynar AR. Reproducibility and Validity of a Food-Frequency Questionnaire in Assessing Dietary Intakes and Food Habits in epidemiological Cancer Studies in Argentina. *J Exp Clin Cancer Res*. 2001; 20 (3): 203-8.
14. Navarro A, Cristaldo PE, Díaz MP, Eynar AR. Atlas fotográfico para cuantificar el consumo de alimentos y nutrientes en estudios nutricionales epidemiológicos en Córdoba, Argentina. *Rev Fac Cienc Méd Córdoba*. 2000; 57 (1): 67-74.
15. Willet W. *Nutritional Epidemiology*. Second Edition ed. New York, USA: Oxford University Press; 1998. 514 p.
16. Peyrano M, Gigena J, Muñoz S, Lantieri M, Eynar, A, Navarro A. "A computer software system for the analysis of Dietary data in cancer epidemiological research" *Int. Proc. Editors M. Moraes, R. Bretani and Bevilacqua. Monduzzi Editore, Bologna Italy*; 1998.
17. STATA 8.0 (Statistics/Data Analysis. Stata Corporation)
18. Prevención de las enfermedades cardiovasculares. Guía de bolsillo para la estimación y el manejo del riesgo cardiovascular. OMS. Ginebra; 2008.
19. Lema S, Lopresti A. Guías alimentarias para la población Argentina. Segunda ed. Lema S, editor. Buenos Aires, Argentina: AADYND - Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas; 2006.
20. Aspectos nutricionales asociados a infección crónica pelo Trypanosomacruzi (Chagas 1909) entre idosos: Projeto Bambuí. *Cad. Saúde Pública*. 2013; 29(6):1141-8.
21. 3er Encuesta Nacional de Factores de Riesgo de Enfermedades No transmisibles. 2014 [Citado 29 de abril 2016] Disponible en: <http://www.bvs.org.ar/pdf/enfr2014.pdf>
22. Encuesta Nacional de Nutrición y Salud. Ministerio de Salud de la Nación. 2007. [Citado 29 de abril 2016] Disponible en: <http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000257cnt-a08-ennys-documento-de-resultados-2007.pdf>
23. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. *Dietary Reference Intakes for energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and amino Acids (Macronutrients)*. Washington, DC: National Academy Press, 2005.

24. Budni P, Coury Pedrosa R, Monguilhott Dalmarco E, Bastos Dalmarco J, Frode T, Wilhelm Filho D. Carvedilol Enhances the Antioxidant Effect of Vitamins E and C in Chronic Chagas Heart Disease. *Arq Bras Cardiol.* 2013;101(4):304-10.
25. Alvarenga Americano do Brasil P, Pereira de Souza A, Marcel Hasslocher-Moreno A, Salles Xavier S, Lambert Passos S, Ramos Moreira M, et al. Selenium Treatment and Chagasic Cardiopathy (STCC): study protocol for a double-blind randomized controlled trial. *Trials.* 2014; 15:388. doi: 10.1186/1745-6215-15-388
26. Silva P, Sperandio da Silva G, de Souza A, Cardoso C, Fonseca C, Brito P, et al. Effects of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation in patients with chronic chagasic cardiomyopathy: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2013; 14:379. doi: 10.1186/1745-6215-14-379.

Recibido: 17-03-2016

Aceptado: 12-05-2016

Aleitamento materno, introdução da alimentação complementar e excesso de peso em pré-escolares.

*Amanda Forster Lopes, Elida Mara Braga Rocha, Janáina Paula Costa da Silva,
Viviane Gabriela Nascimento, Ciro Bertoli, Claudio Leone.*

Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP. Brasil.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal - RN. Brasil. Universidade Paulista
(UNIP), São Paulo - SP. Brasil. Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo - SP. Brasil.

RESUMO: Fenômeno crescente, que envolve alta morbidade e altos custos para os sistemas de saúde, a obesidade está sendo encontrada também entre a população pediátrica, sendo considerada atualmente um problema de saúde pública. O objetivo do presente estudo foi verificar se em crianças no início da idade pré-escolar já se observa prevalência de excesso de peso e se a introdução de novos alimentos, assim como o tipo de alimento, está associada à essa condição nutricional. Trata-se de um estudo observacional, analítico, de uma coorte histórica com crianças nascidas em 2011/12, frequentadoras de creches públicas em Taubaté – SP em 2014. Além do peso e estatura das crianças, coletou-se informações quanto aos antecedentes de alimentação e de nascimento utilizando um questionário padronizado. Quanto ao estado nutricional definiu-se como portadoras de excesso de peso (EP) crianças com escores z do índice de massa corpórea (zIMC) ≥ 1 . Realizou-se a análise bivariada e posteriormente análise de regressão linear de múltiplas variáveis. A prevalência de EP encontrada foi elevada (27,5%). Apenas o peso ao nascer (PN) mostrou correlação significativa em relação ao zIMC ($r = 0,22$, $p < 0,0001$). A análise de múltiplas variáveis não mostrou relação com os diversos alimentos, mas evidenciou o PN elevado como fator de risco, o sexo masculino e a duração total do aleitamento materno como fatores de proteção. Como consequência, é possível concluir que a introdução precoce de novos alimentos não representa fator de risco para o desenvolvimento do excesso de peso no início da idade pré-escolar.

Palavras-chave: Obesidade, sobrepeso, pré-escolar, alimentação complementar.

SUMMARY: Breastfeeding, complementary food introduction and overweight in preschool children.

Growing phenomenon, which involves high morbidity and consequently high costs for health systems, obesity has been found also among the pediatric population and is currently considered a public health problem. The aim of this study was to verify if in children in the early preschool age we can see the prevalence of overweight and if introducing complementary feeding as well as the type of food introduced, are associated with this condition in this age group. It is an observational analytic study with children born in 2011-2012 that attended public schools in Taubaté –SP during 2014. In addition to the weight and height of children, information about the history of feeding and birth were collected using a standardized questionnaire. The nutritional status was defined as having overweight children with z-scores for body mass index (zIMC) ≥ 1 . We conducted bivariate analysis and then linear regression analysis of multiple variables. The prevalence of overweight was elevated (27.5%). Only birth weight showed significant correlation with respect to zIMC ($r = 0.22$, $p < 0.0001$). The multivariable analysis showed no relationship with the various foods, but showed birth weight as a high risk factor, the male and the total duration of breastfeeding as protective factors. As a result, we conclude that the early introduction of new foods is not a risk factor for the development of overweight at the beginning of preschool age.

Key words: Obesity, overweight, preschool, complementary feeding.

INTRODUÇÃO

A prevalência de obesidade vem aumentando, inclusive entre a população infantil, e desde os anos 90 é considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) uma epidemia mundial (1).

Poucos são os estudos no Brasil que investigaram a prevalência de obesidade especificamente em crianças com idades entre 2 e 3 anos, embora existam dados publicados em que já é possível observar prevalências elevadas de excesso de

peso em crianças brasileiras com menos que 5 anos de idade (2,3).

Como o excesso de peso está sendo encontrado inclusive em crianças de baixa idade, diversos estudos têm se dedicado a investigar os fatores que podem estar associados à sua ocorrência precoce entre os quais se observam como risco algumas características da criança como o sexo (4) e o peso ao nascer (5). Outros aspectos relacionados à alimentação, como duração do aleitamento materno e a introdução da alimentação complementar, têm sido considerados fatores relacionados ao desenvolvimento precoce da obesidade (6,7).

Não há na literatura evidências conclusivas acerca da relação entre o desenvolvimento precoce de obesidade e o momento de introdução de novos alimentos nos lactentes (8). Mesmo que essa relação exista em crianças no início da idade pré-escolar, não se sabe se há alguma peculiaridade quanto à associação dessa condição e o tipo de alimento que é introduzido mais ou menos precocemente (9).

Assim, o presente estudo teve como objetivo verificar se em crianças no início da idade pré-escolar já se observa a prevalência de excesso de peso e se a idade de introdução de novos alimentos, bem como o tipo de alimento introduzido, se associa à essa condição nas crianças desta faixa etária.

MÉTODOS

Estudo observacional, analítico, com levantamento retrospectivo de dados de uma coorte histórica de crianças nascidas nos anos de 2011/12, frequentadoras de creches públicas de Taubaté (São Paulo, Brasil) durante o ano de 2014.

O cálculo amostral considerou uma prevalência de excesso de peso (EP) de cerca de 30% em crianças de Taubaté (10), ou seja, para um poder de teste de 80%, um α de 5% e admitindo

um erro padrão de 3%, estimou a necessidade de 416 crianças. Este número foi ampliado para 458 visando compensar 10% de possíveis perdas eventuais.

Considerando esse cálculo amostral a partir da prevalência de excesso de peso verificou-se que o número estimado da amostra é suficiente também para que se realizasse uma análise multivariada de regressão linear (11). A seleção da amostra foi realizada por conglomerados, de maneira probabilística e aleatória, tendo como unidade amostral a creche.

Todas as crianças frequentadoras das creches foram avaliadas previamente à inclusão na amostra quanto a serem portadoras de doenças e/ou estarem recebendo tratamento que pudessem influenciar seu crescimento ou confundir a avaliação nutricional por antropometria, de modo a evitar falsos diagnósticos e, conseqüentemente, conclusões indevidas a partir dos resultados.

O peso foi avaliado com balança digital G Life®, com precisão de 100g, e a estatura com o estadiômetro portátil WCS®, com precisão em milímetros, ambas as aferições foram realizadas na pré-escola. Todas as medidas foram obtidas seguindo as técnicas propostas por Frisancho (12) e coletadas em triplicata e o valor utilizado para a análise foi a média calculada das três medidas de peso e de altura obtidas de cada criança.

Logo após a coleta, os dados foram sistematicamente checados quanto à sua consistência e quando apresentavam valores muito discrepantes entre si, dos valores das demais crianças ou do referencial adotado (OMS 2006), as mensurações foram refeitas.

Os valores de estatura e do índice de massa corpórea (peso/estatura²) – IMC – foram transformados em escores Z pelo referencial da Organização Mundial da Saúde (OMS) -2006 (13) e o diagnóstico nutricional foi classificado pelo IMC conforme a norma do Ministério da Saúde (MS) (14). Para esse estudo definiu-se

como portadoras de EP as crianças com escore z de $IMC \geq +1$.

As demais informações obtidas foram: peso ao nascer (PN), tipo de parto e dados da alimentação: duração, em meses, do aleitamento materno exclusivo (AME) e do aleitamento total (AT) e idade de início, em meses, de: leite não materno, água e/ou chá, papa de fruta, papa de vegetais e guloseimas. Sua coleta foi realizada a partir dos genitores ou responsáveis pela criança, utilizando um questionário de autopreenchimento padronizado e previamente testado.

As 27 creches sorteadas dentre as 62 creches existentes geraram 655 alunos. Desses, 192 (29,3%) foram excluídos: 137 não retornaram o questionário ou não autorizaram a participação, 19 que não compareceram para a avaliação antropométrica e 36 que apresentaram dados inconsistentes, como consequência 463 crianças compuseram a amostra final estudada.

A análise inicial dos dados foi primária, por correlação (Pearson r) entre a variável resposta - escore z de IMC (zIMC) - e as variáveis das crianças e da sua alimentação. Posteriormente, as variáveis, por sua significância estatística ou por plausibilidade epidemiológica e/ou biológica, foram analisadas por regressão linear de múltiplas variáveis tendo como variável dependente o escore z de IMC.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP), parecer nº 498.687.

RESULTADOS

A média de idade das 463 crianças na avaliação era de 2,4 anos com desvio padrão (dp) de 0,3 e a maioria das crianças (60,2%) estava entre 2,2 e 2,7

anos. Observa-se na Tabela 1 que havia uma pequena predominância de meninas (50,5%), que aproximadamente 2/3 das crianças nasceram com o peso adequado segundo a OMS (13) e também que 2/3 dos partos foram do tipo cesáreo.

Quanto ao crescimento em estatura alcançado pelas crianças verifica-se que apenas 2,1% das crianças estava abaixo de -2 escores z do referencial (Tabela 1). No que se refere ao estado nutricional observa-se, na mesma tabela, que mais de 1/4 dos pré-escolares já apresentava excesso de peso. Os valores referentes às médias de escore z do peso, estatura e IMC encontram-se na Tabela 2.

Tanto o tempo médio de duração do AME quanto o do AT mostraram-se inferiores ao re-

TABELA 1. Características da população de estudo. Taubaté – SP, 2014.

Variável		n = 463	%
Sexo	Feminino	234	50,5
	Masculino	229	49,5
Tipo de Parto	Vaginal	153	33,0
	Cesáreo	310	67,0
Peso ao nascer	< 2.500 g	42	9,1
	2.500 g a 2.999 g	113	24,4
	3.000 g a 3.999 g	282	60,9
	> 4.000 g	26	5,6
Estado nutricional	Magreza Acentuada	-	-
	Magreza	-	-
	Eutrofia	336	72,5
	Risco de Sobrepeso	99	21,4
	Sobrepeso	23	5,0
	Obesidade	5	1,1
Diagnóstico de estatura	Muito baixa E/I	2	0,4
	Baixa E/I	8	1,7
	Adequada E/I	453	97,8

TABELA 2. Média, desviopadrão, mediana e valores mínimo e máximo de Escore Z de Peso, Estatura e Índice de Massa Corpórea (IMC) de pré-escolares. Taubaté – SP, 2014.

Escore z	Média (desviopadrão)	Mediana (mínimo; máximo)
Peso	0,38 (1,00)	0,37 (-2,24; 4,74)
Estatura	0,01 (1,02)	-0,01 (-3,52; 4,09)
IMC	0,52 (0,97)	0,59 (-1,92; 5,45)

TABELA 3. Idade, em meses, de duração do aleitamento materno e da introdução de novos alimentos de crianças pré-escolares. Taubaté – SP, 2014.

Variável	Média (desvio padrão)	Mediana (mínimo – máximo)
Duração do Aleitamento Materno Exclusivo	3,4 (1,2)	4,0 (0,0 - 8,0)
Duração Total de Aleitamento Materno	9,9 (8,6)	6,0 (0,0 - 36,0)
Introdução de Leite Não Materno	4,0 (1,8)	4,0 (0,0 - 30,0)
Introdução de Água e/ou Chá	6,4 (6,1)	5,0 (0,0 - 9,0)
Introdução de Papa de Frutas	5,3 (1,7)	5,0 (1,0 - 13,0)
Introdução de Papa de Vegetais	6,3 (2,6)	6,0 (1,0 - 24,00)
Introdução de Guloseimas	10,4 (4,9)	10,0 (1,0 - 33,0)

TABELA 4. Análise de regressão linear de múltiplas variáveis entre excesso de peso e variáveis da criança e sua alimentação. (n=463)

Variável	B	Erro padrão de B	β	P
Papa de fruta	0,011	0,035	0,020	0,743
Papa de vegetais	-0,004	0,019	-0,011	0,828
Al. materno exclusivo	-0,012	0,023	-0,026	0,616
Introdução de água ou chá	-0,023	0,026	-0,043	0,357
Leite não materno	0,012	0,009	0,078	0,174
Tipo de parto	0,124	0,094	0,060	0,188
Guloseimas	-0,013	0,009	-0,063	0,165
Sexo masculino	-0,180	0,090	-0,092	0,046*
Peso ao nascer	0,000	0,000	0,210	0,000*
Tempo total de al. materno	-0,011	0,005	-0,099	0,030*
Constante	-0,456	0,265	-	0,086

* Significante

comendado pela OMS. Também se observou uma introdução, em média, precoce de papa de fruta, da papa de legumes e de guloseimas (Tabela 3).

A duração do aleitamento ou as idades de introdução dos diversos alimentos não evidenciaram correlação com o zIMC, apenas o PN foi significativo ($r = 0,22$, IC95% de 0,13 a 0,31; $p < 0,0001$).

A análise de múltiplas variáveis (Tabela 4) mostrou que as variáveis sexo, PN e AT foram as que mostraram correlação significativa com o escore z de IMC das crianças estudadas. Nessa análise, ser menino e a duração total do aleitamento materno evidenciaram correlação inversa com o zIMC da criança, enquanto o PN apresentou correlação direta.

Ainda nessa mesma análise, a idade de introdução de outros alimentos, leite não materno inclusive, não mostrou ter relação estatisticamente significativa com o escore z de IMC das crianças.

DISCUSSÃO

Quanto ao crescimento em estatura praticamente todas as crianças estavam normais, indicando que, provavelmente até os 2 anos, tiveram condições de vida no mínimo suficientes para crescer bem.

Os seus índices de massa corpórea também são condizentes com esse crescimento, porém com a ressalva de que 27,4% já apresentavam risco de sobrepeso e sobrepeso e 1,1% eram obesas, frequências essas elevadas para esta faixa etária, mas próximas às já observadas para a cidade de Taubaté (10).

Os resultados encontrados quanto à ser do sexo masculino como fator de proteção (4,15) e o maior PN como fator de risco para o EP precoce se mostraram compatíveis com dados previamente descritos pela literatura, inclusive em crianças brasileiras (2,3,16).

O mesmo foi observado quanto à duração total do aleitamento materno, que mostrou ser fator protetor, mesmo que discreto no nosso estudo, contra o desenvolvimento de EP, o que concorda com os achados de SIMON et al. (17), e estudos americanos que observaram que um menor tempo de AT correspondia a maior risco de apresentar EP (18,19).

Contrariamente ao demonstrado por outros autores (17,18,20), é importante salientar que no presente estudo não se verificou correlação do EP com a idade de introdução de outros alimentos (inclusive outros leites), o que é importante pois, de maneira geral, na nossa amostra, essa idade pode ser considerada precoce.

Uma revisão sistemática recente também conclui que não há nítida associação entre a idade de introdução de alimentos sólidos e o risco de obesidade em crianças (9). A revisão de Weng e colaboradores (2012) não define como certo que a idade de introdução de alimentos sólidos seja fator de risco para o desenvolvimento precoce do excesso de peso na infância (5).

Esses dados da literatura, em associação com os presentes resultados, permitem supor que, mesmo que exista de fato uma associação entre a idade de introdução de novos alimentos e risco de um excesso de peso futuro, sua relação não deve ter relevante significado clínico e/ou epidemiológico.

Como consequência, considerando a ampla gama de fatores e hábitos culturais que influenciam a alimentação e que podem estar relacionados com o desenvolvimento de EP, torna-se evidente a necessidade de novos estudos para compreender melhor a sua relação com o aumento precoce da prevalência de excesso de peso na infância (21).

Como uma limitação do presente trabalho pode-se considerar o método de estudo utilizado (coorte retrospectiva) que poderia gerar em um viés de memória que, no entanto, é possível supor que o mesmo é parcialmente atenuado por se tratar de uma amostra de crianças bem jovens. Destaca-se como ponto forte do estudo a amostra, que é representativa de uma população urbana que frequenta pré-escolas públicas, em uma cidade que tem vaga para todas as crianças, com famílias que possuem níveis razoáveis de escolaridade e renda, perfil muito semelhante à grande parte das crianças que frequentam creches públicas em cidades de médio porte no Brasil.

CONCLUSÕES

Um tempo total mais prolongado de aleitamento materno mostrou ser fator protetor, mesmo que de pequena monta, para o risco de desenvolvimento do excesso de peso.

Além disso, a interpretação final dos resultados, somando-se às evidências da literatura, permite concluir que a introdução precoce de novos alimentos durante o primeiro ano de vida não influencia de maneira importante o risco de desenvolvimento de excesso de peso em crianças no início da idade pré-escolar.

Como consequência, mais do que postergar a introdução de novos alimentos, é importante adotar políticas voltadas para a promoção do aleitamento materno, visando prolongar sua duração. Essas, no campo da saúde pública, entre outros benefícios, podem contribuir também para que ocorra uma redução na velocidade de expansão da epidemia de excesso de peso entre as crianças mais jovens.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of WHO Consultation on Obesity. World Health Organization. Geneva; 1998.
2. Muller RM, Tomasi E, Facchini LA, Piccini RX, Silveira DS, Siqueira FV, Thumé E, Silva SM, Dilélio AS. Excesso de peso e fatores associados em menores de cinco anos em populações urbanas no Brasil. *Rev Bras Epidemiol.* 2014; 285-296.
3. Oppitz IN, Cesar JA, Neumann NA. Excesso de peso entre menores de cinco anos em municípios do semiárido. *Rev Bras Epidemiol.* 2014; 17:860-872.
4. Puffer RR, Serrano C. Patterns of birth weight. *Scient Public.* 1987; 504.
5. Weng SF, Redsell SA, Swift JA, Yang M, Glazebrook CP. Systematic review and meta-analyses of risk factors for childhood overweight identifiable during infancy. *Arch Dis Child.* 2012; 97:1019-1026.
6. Monasta L, Batty GD, Cattaneo A, Lutje V, Ronfani L, van Lenthe FJ, Brug J. Early-life determinants of overweight and obesity: a review of systematic reviews. *Obes Rev.* 2010; 11:695-708.
7. Cope MB, Allison DB. Critical review of the World Health Organization's (WHO) 2007 report on 'evidence of the long-term effects of breastfeeding: systematic reviews and meta-analysis' with respect to obesity. *Obes Rev.* 2008; 9:594-605.
8. Weng SF, Redsell SA, Swift JA, Yang M, Glazebrook CP. Systematic review and meta-analyses of risk factors for childhood overweight identifiable during infancy. *Arch Dis Child.* 2012; 97:1019-1026.
9. Moorcroft KE, Marshall JL, McCormick FM. Association between timing of introducing solid foods and obesity in infancy and childhood: A systematic review. *Matern Child Nutr.* 2011; 7:3-26.
10. Nascimento VG, Silva JPC, Bertoli CJ, Abreu LC, Valenti VE, Leone C. Prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças pré-escolares em creches públicas: um estudo transversal. *Sao Paulo Med J.* 2012; 130:225-229.
11. Kats MH. *Multivariable Analysis. A practical guide for clinicians.* 2. Ed. United Kingdom: Cambridge, 2006.
12. Frisancho, AR. *Antropometric standards.* Michigan, The University of Michigan Press, 2008.
13. World Health Organization Multicentre Growth Reference Study Group. *WHO Child Growth Standards.* Geneva; 2006.
14. Ministério da Saúde. *Protocolos do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional SISVAN.* Brasília; 2008.
15. Magalhães TCA, Vieira SA, Priore SE, Ribeiro AQ, Lamounier JA, Franceschini SCC, Sant'ana LFR. Exclusive breastfeeding and other foods in the first six months of life: effects on nutritional status and body composition of Brazilian children. *ScientificWorldJournal.* 2012; Article ID 468581.
16. Nascimento VG, Bertoli CJ, Leone C. Ratio of weight to height gain: a useful tool for identifying children at risk of becoming overweight or obese at preschool age. *Clinics.* 2011; 66:1223-1226.
17. Simon VGN, Souza JMP, Souza SB. Breastfeeding, complementary feeding, overweight and obesity in pre-school children. *Rev Saude Publica.* 2008; 43:1-9.
18. Gaffney KF, Kitsantas P, Cheema J. Clinical Practice Guidelines for Feeding Behaviors and Weight-for-Age at 12 months: A Secondary Analysis of the Infant Feeding Practices Study II. *Worldviews Evid Based Nurs.* 2012; 234-242.
19. Li R, Fein SB, Grummer-Strawn LM. Association of Breastfeeding Intensity and Bottle-Emptying Behaviors at Early Infancy With Infants' Risk for Excess Weight at Late Infancy. *Pediatrics.* 2008; 122:S77-S84.
20. Škledar MT, Milošević M. Breastfeeding and time of complementary food introduction as predictors of obesity in children. *Cent Eur J Public Health.* 2015; 23:26-31.
21. Clayton HB, Li R, Perrine CG, Scanlon KS. Prevalence and Reasons for Introducing Infants Early to Solid Foods: Variations by Milk Feeding Type. *Pediatrics.* 2013; 131: e1108-e1114.

Recibido: 18-02-2016

Aceptado: 22-06-2016

Relación entre la ingesta de antioxidantes, factores nutricionales e indicadores bioquímicos en voluntarios sanos.

Claret Mata, Carolina Pestana, Mary Lares, Antonietta Porco, María Isabel Giacopini, Sara Brito, Jorge Castro.

Universidad Central de Venezuela, Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Simón Bolívar. División de Ciencias Biológicas. Hospital Militar "Dr. Carlos Arvelo". Laboratorio de Enfermedades Metabólicas y Endocrinológicas. Instituto de Medicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

RESUMEN: El estrés oxidativo constituye un factor importante en el desarrollo de Enfermedades Cardiovasculares (ECVs) debido a los daños graves que provocan las especies reactivas de oxígeno en las biomoléculas, por lo que el consumo adecuado de vitaminas con propiedades antioxidantes podría prevenir o retrasar la aparición de estas enfermedades. El objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre la ingesta de antioxidantes, factores nutricionales y marcadores bioquímicos en un grupo de individuos sanos de Caracas, Venezuela. El estudio incluyó 29 participantes entre 18-40 años de edad a los cuales se les realizó tres recordatorios dietéticos de 24h, mediciones antropométricas [peso, estatura, circunferencia de cintura (CC), índice cintura cadera (ICC) y % grasa corporal (% GC)] según normativa del Programa Internacional de Biología (IBP). Adicionalmente, se determinó el perfil lipídico y la concentración de 8-isoprostano como marcador de estrés oxidativo. Los participantes tomaron 1 cápsula diaria de vitaminas antioxidantes por 30 días. Posterior al tratamiento con antioxidante, no hubo cambios significativos en las concentraciones de triglicéridos (TG), colesterol total (CT), colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (c-LDL) y colesterol de las lipoproteínas de alta densidad (c-HDL). Por su parte, el 8-isoprostano registró una correlación significativa entre antes y después del tratamiento ($r=0,374$; $p<0,05$); siendo el mayor descenso en los individuos que presentaron mayor % GC y CC. Los hallazgos sugieren que el suplemento de antioxidantes tiende a disminuir el estrés oxidativo en un corto periodo de tiempo, particularmente en individuos con mayor % GC, previniendo el desarrollo de ECVs.

Palabras clave: Antioxidantes, enfermedad cardiovascular, dieta, estrés oxidativo.

SUMMARY: Relationship between antioxidant intake, nutritional factors and biochemical indicators in healthy volunteers. Oxidative stress is an important risk factor for the development of cardiovascular diseases (CVD) due to the serious damage caused by reactive oxygen species to biomolecules, thus, adequate intake of vitamins with antioxidant properties could prevent or delay the onset of these diseases. The aim of this study was to determine the relationship between antioxidant intake, nutritional factors and biochemical markers in a group of healthy individuals in Caracas, Venezuela. The study included 29 participants between 18-40 years of age who underwent three 24-hour dietary recalls, anthropometric measurements [weight, height, waist circumference (WC), waist-hip ratio (WHR) and % body fat (% BF)] according to the International Biology Program (IBP) methodology. In addition, the lipid profile and the concentration of 8-isoprostane as a marker of oxidative stress was determined. The participants took one daily capsule of antioxidant vitamins for 30 days. After treatment with antioxidants, no significant changes in triglyceride (TG), total cholesterol (TC), low density lipoprotein cholesterol (LDL-C) and high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) levels were observed. Meanwhile, the 8-isoprostane recorded a significant correlation between before and after treatment ($r=0.374$; $p<0.05$). The decline in 8-isoprostane levels was more evident in those individuals with the highest % BF and WC. These findings suggest that antioxidant supplementation decreases oxidative stress in a short period of time, particularly in higher % BF individuals, and might help prevent CVDs.

Key words: Antioxidants, cardiovascular disease, diet, oxidative stress.

INTRODUCCIÓN

La IEl estrés oxidativo se origina cuando la producción de especies reactivas de oxígeno

(ROS) excede la capacidad de defensa antioxidante del organismo, favoreciendo un desbalance a favor de las primeras en las reacciones de

óxido-reducción (redox). Recientemente, la determinación de la concentración en plasma y en orina del 8-isoprostano ha sido considerado como un método fiable de cuantificación de la peroxidación lipídica in vivo, y por lo tanto del estrés oxidativo, ya que este se produce en estados de peroxidación lipídica temprana (1).

Factores ambientales como el tabaquismo, la obesidad y una alimentación poco saludable juegan un papel importante en la modulación de los niveles de estrés oxidativo.

El estrés oxidativo se considera que está relacionado con el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares (ECVs) debido a los daños graves que sufren las biomoléculas (rompimiento del ADN, alteración o desnaturalización de proteínas específicas, peroxidación lipídica, entre otros); como consecuencia del ataque por parte de las especies prooxidantes (2).

Debido a ello, numerosos estudios han propuesto que el consumo adecuado de vitaminas con propiedades antioxidantes podría prevenir o retardar la aparición de las ECVs (3,4). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido un consumo de frutas y vegetales mayor de 500 g/día a fin de proveerle al organismo una dieta rica en antioxidantes como medida de prevención a estas enfermedades (5). Esto, ha traído consigo el aumento en el uso de suplementos de vitaminas antioxidantes que ofrecen cantidades moderadas de estos nutrientes como una forma rápida de alcanzar esta recomendación. De aquí, el creciente interés por parte de la comunidad científica en establecer una asociación entre el consumo de vitaminas antioxidantes y los niveles de estrés oxidativo a fin de prevenir el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre la ingesta de antioxidantes, factores nutricionales e indicadores bioquímicos en un grupo de individuos sanos de Caracas (Venezuela).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el reclutamiento de los voluntarios se elaboraron volantes informativos con la descripción del estudio, colocados en universidades e instituciones públicas y privadas del Distrito Capital. Ello fue realizado en el período comprendido entre Enero- Junio 2013.

El número de participantes en la línea de base, fue de 53 individuos sanos o controles, que acudieron de forma voluntaria a participar en el estudio. Sin embargo, el número final de individuos evaluados con éxito antes y después del tratamiento con administración de antioxidantes, fue de 29 individuos sanos con edades comprendidas entre los 18 y 40. La disminución en el tamaño muestral, fue debido a razones personales de los voluntarios los cuales no pudieron continuar en el estudio. Dichos voluntarios fueron procedentes de instituciones públicas y privadas ubicadas en el área metropolitana de Caracas, que firmaron previamente el consentimiento informado avalado por el Comité de Bioética del Hospital Militar. Se utilizaron como criterios de exclusión la presencia de alguna patología, hábito alcohólico y/o tabáquico, ingesta de suplementos vitamínicos o fármacos, IMC <18,5kg/m² o un peso corporal <40 kg.

Evaluación antropométrica

Para la evaluación antropométrica de las variables del peso y porcentaje de grasa corporal (% GC) se utilizó una balanza digital tetrapolar marca OMRON. Por su parte, para la medición de la estatura, se utilizó el método de cinta y escuadra, mediante el uso de una cinta de fibra de vidrio fijada a la pared y una escuadra de madera. En relación a la medición de las variables circunferencia de cintura (CC) y circunferencia de cadera, el instrumento utilizado fue una cinta de fibra de vidrio, estrecha, flexible y del tipo no elástica.

Una vez tomadas las medidas antropométricas antes mencionadas, se determinaron los siguien-

tes indicadores: Índice de Masa Corporal (IMC) según la clasificación de la OMS (6) y % GC según la clasificación de Gallagher (7). Una CC mayor a 80 cm en mujeres y 90 cm en hombre, se consideró como obesidad abdominal (8). El índice Cintura-Cadera (ICC) se clasificó de acuerdo a lo propuesto por Bray, considerando riesgo para ECVs valores de $\geq 0,8$ mujeres y ≥ 1 para los hombres (9).

Evaluación del consumo de alimentos

La evaluación del consumo de alimentos se realizó mediante tres recordatorios de dietéticos de 24 horas (RD24h). En la aplicación del recordatorio se tomaron dos días de la semana no consecutivos y un día del fin de semana. Para la estimación de las cantidades de alimentos consumidos, se emplearon unidades de ayuda como tazas, cucharas y vasos. En el caso de platos únicos o preparaciones mixtas, fueron utilizadas recetas estandarizadas (10). El cálculo de energía y nutrientes aportados por la dieta antes y después del tratamiento (TTO), se basó únicamente en el computo de lo aportado por los alimentos ingeridos, excluyéndose las cantidades adicionales del nutriente aportadas por el suplemento. Ello se realizó con base a la información ofrecida por la Tabla de Composición de Alimentos (TCA) del Instituto Nacional de Nutrición (INN), Venezuela 2000 (11). Para el caso de alimentos que no se encontraron reportados en la TCA venezolana, se recurrió a la Tabla de Composición de Alimentos de los Estados Unidos (12) o al etiquetado nutricional del producto.

En relación a la evaluación del consumo de energía y nutrientes, ello estuvo basada en los valores de referencia del INN de Venezuela (13) estableciendo las siguientes categorías para la adecuación de energía, proteínas y vitaminas (vitamina C y vitamina E): adecuado (90 –110 %), inadecuado por déficit (< 90 %) e inadecuado por exceso (>110 %). Para la contribución calórica porcentual de macronutrientes, se

consideraron las recomendaciones para la población venezolana. Se utilizó, para el computo del aporte de energía, macro y micronutrientes de las dietas, la hoja de cálculo de Excel empleada en la asignatura Evaluación Nutricional, de la Escuela de Nutrición y Dietética – UCV, utilizada en la evaluación del patrón de consumo a nivel comunitario.

Tratamiento con antioxidantes

Posterior a la evaluación antropométrica y dietética, se les suministró 30 cápsulas, concerniente a un mes de TTO, para el cual se les indicó consumir 1 cápsula diaria, 30 min antes del desayuno. El tratamiento consistió en una cápsula la cual contiene 400 U.I de vitamina E, 250 mg de vitamina C, 4000 U.I de β -carotenos (pro-vitamina A), 100 μ g de selenio, 2 mg de Cobre y 40 μ g de zinc.

Determinaciones Bioquímicas

Perfil lipídico

Inmediatamente antes y después del período de tratamiento (30 días), y luego de un ayuno de 14 horas, a los sujetos se les tomaron muestras de sangre, para las determinaciones de Triglicéridos (TG) Colesterol total (CT) y las fracciones de Lipoproteínas de Alta Densidad (c-HDL), Lipoproteínas de Baja Densidad (c-LDL) mediante el método enzimático colorimétrico de Roche Diagnóstico C.A.

Determinación de niveles de 8-isoprostano

La concentración de 8-isoprostano, se determinó con el kit comercial 8-isoprostane EIA kit de Cayman Chemical. Los resultados se expresaron como pg/mL.

Análisis Estadístico.

Los resultados son presentados como promedio \pm desviación estándar (DE). Se utilizaron para el análisis estadístico de las variables estudiadas, la prueba “t” de Student para datos pareados considerándose significativo un valor de “p” inferior a 0,05.

Para las medidas bioquímicas entre antes y después del TTO, se estableció una correlación estadística (valor r) a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$, mientras, que se estableció la relación entre los valores de las variables antropométricas y bioquímicas estudiadas, a través de un ANOVA de dos vías según STATGRAPHIS versión 6.0 a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$. Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 19.0.

RESULTADOS

Al analizar las características generales del grupo de estudio (Tabla 1) se observó que el sexo femenino predominó respecto al masculino (69 % vs. 31 %, respectivamente), para las variables antropométricas, el IMC se encontró dentro del rango 18,5 – 24,9 kg/m², establecido por la OMS, la CC y el ICC fue mayor en los hombres respecto a las mujeres, contrario en el caso del %GC, el cual el promedio fue superior en el sexo femenino respecto al masculino.

En relación a los indicadores dietéticos (Tabla 2) se procedió a la estimación de los mismos antes y después del TTO, con el propósito de poder asociar cambios en las variables bioquímicas

únicamente atribuibles al TTO y no, a un efecto de la dieta. En este sentido, se evidenció que la adecuación de energía y proteína, no registraron cambios estadísticamente significativos ($p = 0,089$ y $p = 0,082$ respectivamente), entre antes como después TTO, En relación a las grasas, las mismas tuvieron una mínima variación entre antes y después del TTO, sin diferencias estadísticamente significativas ($p = >0,05$).

En relación a las vitaminas, se observa (Tabla 2) que hubo en promedio una disminución en la ingesta de vitamina C luego del TTO, sin diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$). La ingesta de β -carotenos fue de $3.714,00 \pm 2.106,74$ (antes del TTO) y $2.646,79 \pm 1.519,63$ (después del TTO); sin embargo, la adecuación de estos compuestos no pudo ser analizada por no tener establecidos los requerimientos. La vitamina E, disminuyó ligeramente el porcentaje de adecuación después del TTO con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$). Es de destacar que las adecuaciones obtenidas fueron estimadas sin considerar el aporte teórico proveniente del suplemento administrado.

En la Tabla 3, se observan los resultados obtenidos de la correlación entre antes y después del TTO con antioxidantes para los indicadores bioquímicos; cuya interpretación se basó en los valores de medias obtenidos antes y después del TTO, donde la presencia de una correlación alta sería indicativo de una no variación en los valores de media para cada variable.

TABLA 1. Características generales del grupo estudiado.

VARIABLES	X \pm DE	Mínimo	Máximo
Edad (años)	26,28 \pm 6,03	19	40
Sexo Femenino (%)	69,0	---	---
Sexo Masculino (%)	31,0	---	---
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)*	21,66 \pm 2,35	18,52	24,8
Circunferencia de Cintura (cm) (F)*	72,61 \pm 6,11	60,8	81,4
Circunferencia de Cintura (cm) (M)*	80,26 \pm 7,97	70,2	93,6
Índice Cintura-Cadera (F)*	0,76 \pm 0,04	0,71	0,83
Índice Cintura-Cadera (M)*	0,88 \pm 0,05	0,81	0,97
Porcentaje de grasa (%) (F)*	30,72 \pm 5,30	7,9	38,3
Porcentaje de grasa (%) (M)*	15,62 \pm 4,77	7,9	20,7

X: media; DE: Desviación Estándar; F: femenino; M: masculino

Valores normales: Índice de Masa Corporal: 18,5 – 24,9 kg/m², Circunferencia de cintura:

F: <80 - M: <90 cm, Índice Cintura-Cadera: F: <0,8 – M: <1, Porcentaje de grasa corporal:

F: 21.0 - 33.9 % - M: 8.0 - 21.9%

tenidos de la correlación entre antes y después del TTO con antioxidantes para los indicadores bioquímicos; cuya interpretación se basó en los valores de medias obtenidos antes y después del TTO, donde la presencia de una correlación alta sería indicativo de una no variación en los valores de media para cada variable.

TABLA 2. Indicadores dietéticos según tiempo de tratamiento (TTO)

Indicadores	Antes de TTO Media y DE	Después de TTO Media y DE	Diferencia (95 % de confianza)		Sig. (valor)
			Inferior	Superior	
% de adecuación energética	85,64 ± 27,98	81,33 ± 25,09	0,700	9,332	0,089
% de adecuación proteica	145,85 ± 44,05	132,24 ± 43,40	-1,843	29,062	0,082
Contribución energética de la grasa	25,16 ± 7,49	26,63 ± 6,28	-1,082	4,020	0,248
Contribución energética de los carbohidratos	53,24 ± 8,60	51,95 ± 8,61	-3,453	0,868	0,231
% de adecuación de vitamina C	354,81 ± 325,36	259,72 ± 201,74	-4,733	194,919	0,061
Ingesta de β-Carotenos (mg/día)	3714,00 ± 2106,74	2646,79 ± 1519,63	----	----	----
% de adecuación de vitamina E	84,75 ± 52,39	64,12 ± 39,64	0,123	41,132	0,049*

TTO; tratamiento, DE: Desviación Estándar; Sig.: *Estadísticamente significativo (p<0,05)

Por su parte, la presencia de una correlación baja sería indicativo de la presencia entre los valores de media diferentes, antes y después del TTO. En este sentido, la correlación de medias entre antes y después del TTO en relación a las variables

del perfil lipídico, fue entre moderada y alta, y estadísticamente significativa (colesterol total: p=0,006; c-LDL y c-HDL: p=0,00; triglicéridos: p=0,003).

En relación al marcador de estrés oxidativo

TABLA 3. Indicadores bioquímicos antes y después del tratamiento con antioxidantes.

Indicadores	Antes de TTO Media y DE	Después de TTO Media y DE	(Antes TTO vs. Desp. TTO)	Valor r Sig.
Colesterol total (mg/dL)	166,69 ± 35,30	165,79 ± 28,88	0,495	0,006
c-LDL (mg/dL)	95,97 ± 25,33	101,48 ± 22,97	0,639	0,000
c-HDL (mg/dL)	55,69 ± 13,05	54,62 ± 13,71	0,829	0,000
Triglicéridos (mg/dL)	77,34 ± 29,73	78,31 ± 31,43	0,534	0,003
8-isoprostano (pg/mL)	89,76 ± 68,12	51,42 ± 36,88	0,374	0,045

TTO: tratamiento, DE: Desviación Estándar; Valor r: coeficiente de correlación = 1, Sig.: significancia estadística (p= 0,005) con un intervalo de confianza de 95 %).

evaluado, el 8-isoprostano registró una disminución en sus niveles plasmáticos posterior al TTO (antes del TTO: $89,76 \pm 68,12$ pg/mL vs. después del TTO: $51,42 \pm 36,88$ pg/mL; $p < 0,05$; Tabla 3); congruente con una correlación baja y estadísticamente significativa.

En relación a la asociación entre la variable % GC y los niveles de 8-isoprostano, puede observarse en la figura 1, que los mayores descensos en los niveles de 8-isoprostano se produjeron en los voluntarios con valores de % GC por encima de la normalidad, seguido de los clasificados con % GC normal. Por su parte, en aquellos individuos ubicados en déficit, el efecto del TTO antioxidante fue considerado nulo debido a la ubicación de la mediana en valores “0,00” (Figura 1).

Un comportamiento similar se refleja en los resultados representados en las Figuras 2 y 3, donde se observan las diferencias de los niveles de 8-isoprostano entre antes y después del TTO según los valores obtenidos en relación a las variables antropométricas CC y el ICC, respectivamente. Se observó que aquellos individuos clasificados con riesgo cardiovascular para ambas medidas antropométricas, presentaron una disminución en los

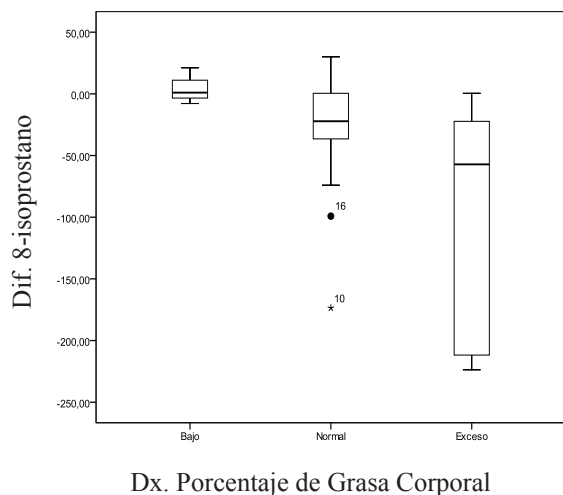


FIGURA 1. Distribución de las diferencias de los niveles de 8-isoprostano según la determinación del porcentaje de grasa.

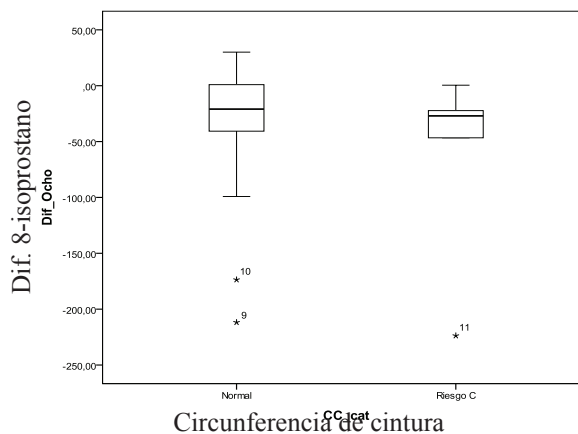


FIGURA 2. Distribución de las diferencias de los niveles de 8-isoprostano según los valores de circunferencia de cintura como variable antropométrica.

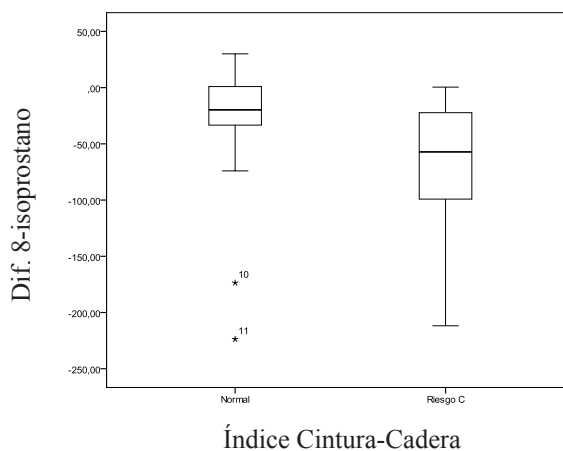


FIGURA 3. Distribución de las diferencias de los niveles de 8-isoprostano según el valor de Índice Cintura-Cadera como variable antropométrica.

valores de 8-isoprostano luego de la intervención, siendo este resultado más marcado en relación a la variable ICC, respecto a la de CC.

DISCUSIÓN

Es bien conocido que variables como la edad, el sexo y la constitución genética del individuo pueden predisponer el desarrollo de enfermeda-

des cardiovasculares (ECVs). Si a estas variables se le suman los factores ambientales, en especial una alimentación con características aterogénicas y bajo consumo de frutas y hortalizas ricas en vitaminas, el riesgo a presentar dichas enfermedades crónicas aumenta; producto de un incremento en el estrés oxidativo. Contrario a ello, se ha reportado en diferentes estudios que la presencia de una alimentación baja en colesterol, grasas saturadas y grasas trans (14); así como también, rica en vitaminas antioxidantes del tipo C y E y compuestos como β -carotenos y flavonoides (15) pudieran contribuir en la prevención de ECVs.

Al evaluar las características generales del grupo, se evidencia que del total de voluntarios (29 individuos controles sanos), éstos se encontraron, en promedio, para las variables antropométricas, dentro de los valores de “normalidad” establecidos, según los valores de referencia y puntos de corte para cada sexo, utilizados en esta investigación.

Al analizar el patrón de consumo de alimentos de los individuos evaluados en este estudio, se evidencia que la ingesta de energía fue por debajo de los requerimientos para la población venezolana; mientras que la adecuación de proteínas fue superior a los requerimientos en ambas determinaciones. En relación a las grasas la contribución energética se ajustó a la recomendación, no así para los carbohidratos, los cuales tuvieron una contribución energética inferior a la recomendación, en este sentido el perfil de la dieta de estos sujetos, se caracterizó por ser baja en energía y carbohidratos, hiperproteica y normograsa, siendo estos datos consistentes con los reportados por el INE en su boletín de la Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos del 2013, donde la dieta se encontró adecuada para energía e inadecuada por exceso para las proteínas (16). No obstante, valdría la pena evaluar para próximos estudios, un análisis del perfil de las grasas de la dieta y el origen de las proteínas, ya que un consumo elevado de proteínas de origen animal, pudiera favorecer el aumento en los niveles de colesterol, siendo este

un factor de riesgo para el desarrollo de las ECVs. Se observa, además, que la dieta seguida por estos voluntarios, estimada de manera comparativa luego de transcurrido un mes como tiempo de observación (independiente del aporte nutricional del suplemento antioxidante), fue inadecuada por exceso para la vitamina C tanto antes como posterior al TTO, aunque no con respecto a la vitamina E; la cual para ambos momentos (antes y después del TTO), fue inadecuada por déficit. Estos hallazgos pudieron ser atribuidos únicamente al aporte de la dieta de los voluntarios, la cual fue de forma libre, no restrictiva y sin recomendaciones o plan dietético sugerido. Esta ingesta elevada de vitamina C, puede deberse a que algunos de los alimentos consumidos por los voluntarios son industrializados, siendo éstos enriquecidos con esta vitamina por la industria alimentaria. En relación a la ingesta baja de vitamina E, pudiera deberse a que, dentro de los alimentos consumidos de forma frecuente, por los sujetos evaluados, sólo los aceites varios y margarina, son fuente de esta vitamina, sin embargo, las cantidades añadidas a las preparaciones son pequeñas, por consiguiente no llegan a cubrir el total del requerimiento. Es de destacar que la vitamina E es considerada como un importante antioxidante en medios hidrofóbicos (antioxidante lipofílico) especialmente en las membranas celulares, protegiendo así, a los ácidos grasos presentes en la membrana y a las partículas de c-LDL de los procesos de peroxidación lipídica (5).

En relación al perfil lipídico, como era de esperarse, no se observaron diferencias entre los valores de medias antes y después del TTO asociados a un efecto directo del suplemento antioxidante. Mientras, que el para el 8-isoprostano, si hubo una diferencia en las medias entre los valores de antes y después del TTO, sugiriendo la presencia de un efecto modulador del TTO antioxidante sobre este indicador.

A pesar de que los resultados en el perfil lipídico eran los esperados, numerosos estudios epidemiológicos y de meta-análisis, han mostrado

el comportamiento de la suplementación sobre el perfil lipídico, encontrando una posible asociación, entre la ingesta de suplementos con vitaminas antioxidantes del tipo C y E, y una disminución en los niveles de colesterol total, c-LDL y triglicéridos, acompañado por un aumento en las c-HDL, mejorando de esta forma el perfil dislipidémico (17).

Un mecanismo de acción que explique los resultados anteriores fue el propuesto por Polidori et al. (18), donde indican que la vitamina C puede neutralizar a los radicales libres en la fase acuosa, disminuyendo la posibilidad de un posible daño oxidativo a los lípidos de las moléculas de c-LDL que modifique su estructura. Por otro lado, Jialal et al. (19), han sugerido que la vitamina E, específicamente el α -tocoferol y la vitamina C, retardan la peroxidación de las c-LDL, evitando su modificación estructural, por lo que, al conservar las moléculas de c-LDL su estructura nativa, son capaces de ser reconocidas por los receptores en hígado para su posterior eliminación, disminuyendo los niveles séricos de estas lipoproteínas.

Las vitaminas E y C también evitan el daño oxidativo de las moléculas de c-HDL. Se conoce que la oxidación de las partículas de c-HDL, modifican la estructura de la apolipoproteína A1, alterando la activación de la enzima lecitina aciltransferasa (LCAT) y su consecuente esterificación para la remoción de los ésteres de colesterol. Adicionalmente, se ha encontrado que la vitamina C promueve el aumento en las concentraciones de la apolipoproteína A1 favoreciendo el transporte reverso del colesterol (17).

Adicional a ello, se ha sugerido que los niveles de triglicéridos disminuyen cuando se suplementa con vitamina C, debido a un posible efecto sobre la actividad y síntesis de la enzima lipoproteína lipasa (LPL por sus siglas en inglés: Lipoprotein Lipase) (20), enzima encargada de la hidrólisis de los triglicéridos de los quilomicrones y de la

lipoproteína de muy baja densidad (VLDL). Los mecanismos por el cual la vitamina C influye sobre la síntesis de la LPL no están del todo claro. Los resultados para el indicador 8-isoprostano apuntan a un posible efecto del TTO, que pudiera ser atribuido a la remoción de las ROS por parte de las vitaminas antioxidantes. Al disminuir la concentración de las ROS, disminuye la generación de radicales libres y en consecuencia la peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y producción de 8-isoprostano (21).

En cuanto al papel de la obesidad en el aumento en los niveles de estrés oxidativo, se ha postulado que en este estado, el procesamiento de ácidos grasos libres por parte de la mitocondria produce el desacoplamiento de la misma (disfunción mitocondrial) y en consecuencia, un aumento en la liberación de ROS. Estos, a su vez, parecieran tener un efecto adverso sobre las células β del páncreas con disfunción en la secreción de insulina. Concomitantemente, el desacoplamiento mitocondrial en hígado y músculo esquelético, causa acumulación de tejido graso que favorece un círculo vicioso entre la obesidad y los niveles de estrés oxidativo (22).

Los hallazgos de este estudio muestran mayores descensos en los niveles de 8-isoprostano en aquellos voluntarios con % GC por encima de la normalidad, seguido de los clasificados con porcentaje de grasa normal (Figura 1). Por su parte, se observó que aquellos individuos clasificados con riesgo cardiovascular para las variables antropométricas circunferencia de cintura (CC) e índice cintura cadera (ICC), registraron una disminución en los valores de 8-isoprostano luego de la intervención, siendo más marcado en relación a la variable ICC, respecto a la circunferencia de cintura (Figura 2 y 3). Estos resultados apoyan la teoría de que a mayor cantidad de grasa corporal y una distribución de la grasa predominantemente central, mayor es el estrés oxidativo generado (23).

Partiendo de estas consideraciones y

resultados, pudiera ser factible que, al realizar una intervención con antioxidantes, aquellos individuos con mayor porcentaje de masa grasa o con una distribución de grasa a predominio del nivel central, respondan con una disminución en los niveles de estrés oxidativo al ingerir suplementos de antioxidantes con dosis moderada de los mismos. Es de destacar que este estudio se llevó a cabo en un tamaño muestral pequeño de individuos sanos, el cual abre una ventana para próximas investigaciones donde se amplíe el número de personas evaluadas y se estudien diferentes grupos dándole mayor robustez al trabajo.

CONCLUSIONES

Estos resultados sugieren que el consumo por treinta días del suplemento antioxidante en la dosis indicada del TTO en el presente estudio, disminuye el estrés oxidativo en un corto período de tiempo, particularmente en individuos con mayor porcentaje de grasa corporal, lo cual pudiese prevenir la peroxidación lipídica y el desarrollo de ECVs.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Consejo de Desarrollo Científico y Humanística de la Universidad Central de Venezuela (CDCH) N° PG-09-81-42-2011. Título: “Evaluar y Relacionar el Estado Nutricional, Genético y Bioquímico como Factores Predictores de Riesgo Cardiovascular”

Al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) por el financiamiento de los Proyectos: PEI FONACIT N° 2012000796. Título: “Influencia genética en el desarrollo de patologías aterotrombóticas en la población de Venezuela” y Proyecto Misión Ciencias 2007001585 título: “Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades cardio- cerebrovasculares (ECCV).

A Laboratorios Medifarm, por la donación del tratamiento ofrecido a los participantes.

REFERENCIAS

1. Céspedes E y Castillo J. La peroxidación lipídica en el diagnóstico del estrés oxidativo del paciente hipertenso. ¿Realidad o mito? *Rev Cub Invest Bioméd.* 2008;27(2): [ca 9 pantallas]. [En línea]. [Citado el: 06 de Marzo de 2014.] Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002008000100002&lng=es.
2. Dorado C, Rugerio C y Rivas S. Estrés oxidativo y neurodegeneración. *Rev Fac Med UNAM* 2003;46(6) 229-235
3. Criado C y Moya M. Vitaminas y antioxidantes. Comisión Nacional de Formación Continuada. Madrid. Grupo Saned. 2009. 34.
4. San-Miguel A., Martín-Gil FJ. Importancia de las especies reactivas al oxígeno (radicales libres) y los antioxidantes en clínica. *Gac Med Bilbao.* 2009;106: 106-113
5. Torres M, Marqués M, Sutil R, De Yépez C, Leal M et al. Aspectos Farmacológicos relevantes de las Vitaminas Antioxidantes (E, A y C). *AVFT.* 2002;21(1):22-27
6. World Health Organization (WHO). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894, Geneva (Switzerland): WHO; 2000.
7. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(3). 694-701
8. Aschner P, Buendía R, Brajkovich I, González A, Figueredo R, Juárez X, et al. Determination of the cutoff point for waist circumference that establishes the presence of abdominal obesity in Latin American men and women. Presentado en el primer congreso latinoamericano sobre controversias en Diabetes, Obesidad e Hipertensión. Buenos Aires (Argentina); 2010
9. Bray, G. Classification and evaluation of the obesity. *Medical Clinics of North America.* 1989; 73 (1): 161-183
10. Sifontes Y, Patiño E, Mogollón E, Garófalo MR. Recetas estandarizadas: Aproximación al aporte

- nutricional de algunas preparaciones de consumo frecuente. *An Ven Nutr.* 2000;13(1):223-39.
11. Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Publicación No. 54. Serie Cuadernos Azules. Caracas, Venezuela: Instituto Nacional de Nutrición; 2001.
 12. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Nutrient Data Laboratory Home. [En línea] 2013. [Citado el: 06 de Marzo de 2014.] <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.
 13. Ministerio de Salud y Desarrollo Social; Instituto Nacional de Nutrición. Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana. Publicación No 53, Serie Cuadernos Azules. Caracas, Venezuela: Editorial Texto; 2000
 14. de Souza R, Mente A, Maroleanu A, Cozma A, Ha V et al. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ* 2015;351:h397
 15. Eman A, Gordon F. Dietary fruits and vegetables and cardiovascular diseases risk. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2015. doi:10.1080/10408398.2015.1040487
 16. Instituto Nacional de Estadística (INE). Boletín informativo: Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos: Abril-Junio 2013. Instituto Nacional de Nutrición. 2014. n°2.
 17. McRae M. Vitamin C supplementation lowers serum low-density lipoprotein cholesterol and triglycerides: a meta-analysis of 13 randomized controlled trials. *J Chiropr Med.* 2008; 7(2): 48–58
 18. Polidori MC, Mecocci P, Levine M y Frei B. Short-term and long-term vitamin C supplementation in humans dose-dependently increases the resistance of plasma to ex vivo lipid peroxidation. *Arch Biochem Biophys.* 2004; 423(1):109-15.
 19. Jialal I, Vega GL, Grundy SM. Physiologic levels of ascorbate inhibit the oxidative modification of low density lipoprotein. *Atherosclerosis.* 1990;82(3):185-91
 20. Calderón R, Gutiérrez A, Santa Cruz C y Acuy M. Efecto del ácido ascórbico sobre la actividad de la lipoproteín lipasa y su impacto en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. *Respyn.* 2004; 5(2): [ca 11 pantallas]. [En línea]. [Citado el: 08 de Marzo de 2014.] Disponible en: http://www.respyn.uanl.mx/v/2/articulos/LPL_anagutierrez.htm
 21. Llorens C, Báez M, Tarán M, Campan V, Fonseca I et al. Papel antioxidante de la vitamina E en la aterogénesis inducida por hiperfibrinogenemia. *Rev. argent. cardiol.* 2010; 78(5): 405-410
 22. Ferranti S y Mozaffarian D. La tormenta perfecta: obesidad, disfunción del adipocito y consecuencias metabólicas. *Clin Chem.* 2008; 54: 945-55.
 23. Savini I, Catani M, Evangelista D, Gasperi V y Avigliano L. Obesity-Associated Oxidative Stress: Strategies Finalized to Improve Redox State. *Int. J. Mol. Sci.* 2013; 14: 10497-10538

Recibido: 06-04-2016

Aceptado: 25-06-2016

Antioxidant, cytotoxic and alpha-glucosidase inhibition activities from the Mexican berry “Anacahuita” (*Cordia boissieri*)

Ezequiel Viveros-Valdez, Carlos Jaramillo-Mora, Azucena Oranday-Cárdenas,
Javier Morán-Martínez, Pilar Carranza-Rosales.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, San Nicolás de los Garza, Nuevo León. México. Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro de Investigación Biomédica del Noreste, Monterrey, Nuevo León. México.

SUMMARY: This study describes the total phenolic and flavonoid content as well as cytotoxic, alpha-glucosidase inhibition and antiradical/antioxidant potential of extracts obtained from the edible fruits of *Cordia boissieri*, which is widely distributed throughout northeastern Mexico. Phenolic and flavonoid content were evaluated by means of the Folin-Ciocalteu method and aluminum chloride colorimetric assay respectively. The antiradical/antioxidant activity was determined by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging and Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) assays. Cytotoxic activity was assessed by means of human cancer cell lines (MCF-7 and HeLa), alpha-glucosidase inhibition was determined by colorimetric assay using p-Nitrophenyl α -D-glucopyranoside (PNPG) as a substrate. Results indicate that extract of *C. boissieri* fruit has a good antioxidant potential to show a EC_{50} : $137.76 \pm 35 \mu\text{g/mL}$ and $65 \pm 2 \mu\text{M/g}$ in the DPPH and TEAC assays respectively, inhibitor of the enzyme alpha-glucosidase involved in sugar uptake (IC_{50} : $215.20 \pm 35 \mu\text{g/mL}$), cytotoxic activities against MCF-7 (IC_{50} : $310 \pm 42 \mu\text{g/mL}$) and HeLa (IC_{50} : $450.4 \pm 21 \mu\text{g/mL}$) cancer cell lines as well as an important phenolic content with $230 \pm 23 \text{ mg/100g}$ and $54 \pm 11 \text{ mg/100g}$ of phenols and flavonoids totals respectively. These results point towards an interesting potential for the fruits of *C. boissieri* as chemopreventive properties and expand the possibilities for agro-industrial uses..

Key words: Fruits, antioxidants, alpha-glucosidase, chemopreventive.

RESUMEN: Actividad antioxidante, citotóxica e inhibidora de la alpha glucosidasa por la baya mexicana “Anacahuita” (*Cordia boissieri*). Este estudio describe el contenido de fenoles y flavonoides totales, el efecto citotóxico, la inhibición de la enzima alfa-glucosidasa y el potencial antirradical/antioxidante del extracto obtenidos a partir de los frutos de *Cordia boissieri*, especie distribuida por todo el noreste de México. El contenido de fenoles y flavonoides totales se determinó por medio de los métodos de Folin-Ciocalteu y cloruro férrico respectivamente. La actividad antirradical / antioxidante se determinó mediante el secuestro del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) y el ensayo de Capacidad Antioxidante Equivalente al Trolox (CAET). La actividad citotóxica se evaluó sobre las líneas celulares de cáncer humano (MCF-7 y HeLa), para determinar la inhibición de la enzima alfa-glucosidasa se utilizó el ensayo colorimétrico utilizando como sustrato p-Nitrofenil- α -D-Glucopiranosido (PNPG). Los resultados indican que el extracto del fruto de *C. boissieri* tiene un buen contenido de antioxidantes al mostrar una CE_{50} de $137.76 \pm 35 \mu\text{g/mL}$ y de $65 \pm 2 \mu\text{M/g}$ en los ensayos de DPPH y CAET respectivamente, un efecto inhibitorio interesante sobre la enzima alfa-glucosidasa, implicadas en la absorción de azúcar (CI_{50} : $215.20 \pm 35 \mu\text{g/mL}$), efecto citotóxico contra las células cancerosas MCF-7 (CI_{50} : $310 \pm 42 \mu\text{g/mL}$) y HeLa ($450.4 \pm 21 \mu\text{g/mL}$), así como un importante contenido compuestos fenólicos con $230 \pm 23 \text{ mg / 100g}$ y $54 \pm 11 \text{ mg / 100 g}$ de fenoles y flavonoides totales, respectivamente. Estos resultados sugieren el potencial del fruto de *C. boissieri* como una fuente importante de compuestos quimiopreventivos y amplían las posibilidades para su aprovechamiento agroindustrial.

Palabras clave: Frutos, antioxidantes, alpha-glucosidasa, quimiopreventivo.

INTRODUCTION

In recent years there has been a growing trend of studies related to the bioactive properties and compounds present in plant foods; this is mainly due to scarce reports about deleterious side effects associated with their consumption (1,2). In fact, different investigations have shown that increased consumption of fresh fruits is related with a lower incidence of disease, particularly of degenerative ailments associated to the ageing process, including cancer prevention (3, 4).

Consumption of berries has increased over the last years, and different kinds of berries are being widely consumed across many countries, given their high contents of bioactive compounds and their health-beneficial effects (5). Their protective mechanisms are attributed to the presence of natural antioxidants, such as flavonoids, which help to scavenge free radicals and reactive oxidants in the body (6). In this context, the genus *Cordia* has been screened for biological activities (7, 8), however, the fruits of *Cordia boissieri* (Mexican anacahuita) remains unstudied, and in spite of they are used in traditional medicine to treat diseases such as coughs and colds (9). This is of particular interest, given that the species is common in the northeast regions of Mexico and it is not exploited. *Cordia boissieri* is a native North American evergreen tree which reaches 6 meters in height with a 3 to 4.5- meters spread, has silvery green leaves with a velvety texture, and white flowers appear year- round, these are followed by yellow-green fruits with a sweet flesh relished by birds and other wildlife; one of the major forms of human consumption is like jellies (10). The main objectives of this study were to evaluate the total phenolic and flavonoid content, antioxidant and α -Glucosidase inhibitory potential, as well as cytotoxic activity of the fruits from *C. boissieri*.

MATERIALS AND METHODS

Preparation of the fresh fruit extract

The fruits of *Cordia boissieri* were obtained from trees located in the municipality of San Nicolás de los Garza, Nuevo León (México) in a random sampling between the months of October and November of 2014. Taxonomic identification was provided by Dr. Marco Antonio Guzmán Lucio and a voucher specimen (Accession Number: 26307) was deposited in the FCB-UANL herbarium.

The fresh fruits of *C. boissieri* were ground to a pulp and mixed with water 10% w/v. The juice (300 mL) was passed through an Amberlite XAD-7 column, then the column was washed with distilled water and eluted with 900 mL methanol, the organic extract was concentrated in vacuo to dryness; the Amberlite-retained namely *C. boissieri* methanolic fruit extract (1.7 g) was stored at 4° C until use (11).

Chemicals and reagents

All reagents were of analytical grade and obtained from Sigma Aldrich Chemical Co. (Saint Louis, MO, USA), except the minimal essential medium (MEM) and fetal bovine serum, both were obtained from Invitrogen (Grand Island, NY, USA).

Determination of total phenolics

Total phenolic content was determined using the Folin-Ciocalteu reagent as described by Singleton and Rossi (12) with some modifications. One hundred μ L of each sample, 250 μ L of Folin-Ciocalteu's reagent (1 N), 1250 μ L of sodium carbonate (20%) and 400 μ L of distilled water were placed into test tubes. The contents of each tube were homogenized and incubated for 2 h. The absorbance of each mixture was measured at 760 nm, with gallic acid as a standard. Total phenolic content was expressed as mg of gallic acid eq./100g of fresh fruit.

Determination of the flavonoid content

Flavonoid content was determined by use of the aluminum chloride colorimetric assay (+). The fruit extract (250 μ L) or standard solution of catechin (50–500 mg/L) was mixed with 1,250 μ L deionized water and 150 μ L NaNO₂. After standing at room temperature for 5 min, 150 μ L of water solution of AlCl₃ (2%) was added to the solution, followed by 500 μ L of 1 M of NaOH after another 5 min. The absorbance in the reaction mixture was measured at 415 nm. Results were expressed as mg (+) Catechin eq. /100g of fresh fruit (13).

Free radical scavenging activity

The Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) of the extracts was determined by the ABTS [2, 2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] cation radical discoloration assay (14) and the values are reported as μ M Trolox/g of extract. The method is based on the consumption of the preformed ABTS^{•+} in the presence of potassium persulfate followed at the maximum absorption of 734 nm. Addition of antioxidants to ABTS^{•+} reduces it to ABTS. The assay was performed on 96 wells microplates, the absorbance of ABTS^{•+} was adjusted to 0.70 ± 0.02 . The decrease of the absorption was measured after 6 min. To determine the antiradical/antioxidant activity, 100 μ L of DPPH[•] (2 mg/L) were mixed with 100 μ L of serial dilutions of the test solution in 96-well microplates; MeOH and Trolox® were used as a negative and positive controls, respectively. The decrease in absorbance at 517 nm was measured (13).

Cytotoxic Assay

The cancer cell lines MCF-7 and HeLa (American Type Culture Collection No. HTB-22 and CCL-2 respectively) were grown in minimal essential medium (MEM) with 10% fetal bovine, penicillin [100 U/mL], streptomycin [100 μ g/mL] and incubated in an atmosphere of 5% CO₂

at 37°C. Cytotoxic assays were performed in 96-well microplates containing 5×10^3 cells/well. Cell cultures were exposed to different concentrations of the fruit methanolic extract for 48 h. Cell viability was measured by WST-1 assay after treatment, to do this, 10 μ L of WST-1 were added to each well and after 90 min of incubation, and the absorbance was measured at 450 nm. Taxol was used as positive control, and cell culture medium, and 1% DMSO were used as negative controls.

Alpha-Glucosidase Inhibition Assay

A modified version of the protocol described by Yang et al. (15) was employed in this study, wherein *Saccharomyces cerevisiae* α -Glucosidase (E.C.3.2.1.20) was suspended in 0.25 M phosphate buffer (pH 6.5). A separate 5 mM p-Nitrophenyl α -D-glucopyranoside (pNPG) solution was prepared using the same buffer. A sample of fruit methanolic extract was added to the enzymatic solution and allowed to incubate for 10 minutes at 37°C. Afterwards, the pNPG solution was added to the enzymatic-plant extract solution and allowed to incubate for additional 45 minutes at 37°C. Once the incubation period was over, the reaction was stopped by the addition of a 1 M solution of Na₂CO₃. Acarbose was used as positive control. The test solution was then analyzed using a spectrophotometer adjusted at 405 nm in order to evaluate enzymatic activity.

Statistical analysis

All data are given as the mean \pm SD of three measurements. The concentration of the samples that inhibited 50% of cell growth (IC₅₀), enzymatic reaction or half maximal effective concentrations (EC₅₀) in DPPH radical scavenging activity was calculated from the log-dose inhibition growth curve obtained by a nonlinear regression algorithm, all values were compared by paired t tests using SPSS (Version 10 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL), $p < 0.05$ was considered significant.

RESULTS

Phenolic compounds are extremely diverse in the plants. In the fruits, the phenolic compounds are related with sensory quality and in recent years they have gained interest for its beneficial effect protector to prevent damage by free radicals (16). The structures of this secondary metabolites contain a polyphenol structure with numerous hydroxyl groups that can donate electrons and thus stabilize free radicals. Exist numerous rapid techniques quantification of phenolic compounds by colorimetric assays, in this work it was used an extrapolation of our results obtained with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent for total phenolics, the calibration equation was $y = -0.0023 + 0.0057x$ ($n = 3$, $r^2 = 0.996$) for gallic acid and a optimize spectrophotometric method based on flavonoid-aluminum chloride

($AlCl_3$) complexation to determine the total flavonoid content, the calibration equation was $y = 0.1187x - 0.2218$ ($n = 3$, $r^2 = 0.843$) for catechin. Table 1 shows the phenolic content and free radical scavenging capacity of *C. boissieri* fruit extract, based in DPPH assay although there is a significant difference between the antioxidant activities of the fruit methanolic extract compared with trolox (water-soluble vitamin E analogue), it is important to mention that the trolox is a pure compound, while the extract is a mixture of compounds not determined. While for the cytotoxicity assay, the viability of each cell type was examined by the WST-1 reduction assay method. We have previously examined the relationship between culture cell density and its ability to form formazan (data not shown). The inhibition

TABLE 1. Phenolic content and free radical scavenging capacity of *C. boissieri* methanolic fruit extract.

Assay	Fruit Extract	Control
DPPH	137.75 ± 35 µg/mL	12 ± 2* µg/mL
ABTS	65 ± 2.8 µM/g	—
Phenolics	230 ± 23 mg/100g	—
Flavonoids	54 ± 11 mg/100g	—

Trolox was used as positive control in DPPH assay ($p < 0.05$); methanol was used as a negative control and no showed effect.

TABLE 2. Antidiabetic and cytotoxic activities in vitro of *C. boissieri* methanolic fruit extract..

Enzyme/ Cell line	Extract [µg/mL]	Control [µg/mL]
Alpha-glucosidase	215.20 ± 35	52.3 ± 25*
MCF-7	310 ± 42	0.5 ± 0.1*
HeLa	450.4 ± 21	0.9 ± 0.2*

Acarbose was used as positive control on enzymatic inhibition, and Taxol in cytotoxicity assays, $p < 0.05$..

rate in Figure 1 displays the cytotoxicity of *C. boissieri* fruit extract at various concentrations after 48 h, which was estimated from the cell population of the control and cell populations after treatment. The cytotoxicity show a marking effect against on MCF-7 compared with HeLa cells, the taxol (paclitaxel), a natural antitumor compound, was more cytotoxic against cancer cell lines. The inhibition enzymatic assay showed that the fruits extract of *C. boissieri* against alpha glucosidase enzyme (Figure 2) depended on their concentration, the acarbose an anti-diabetic drug used to treat type 2 diabetes mellitus have more significant inhibition activity against alpha glucosidase than the fruit extract, but again, it is important note that this is a pure substance.

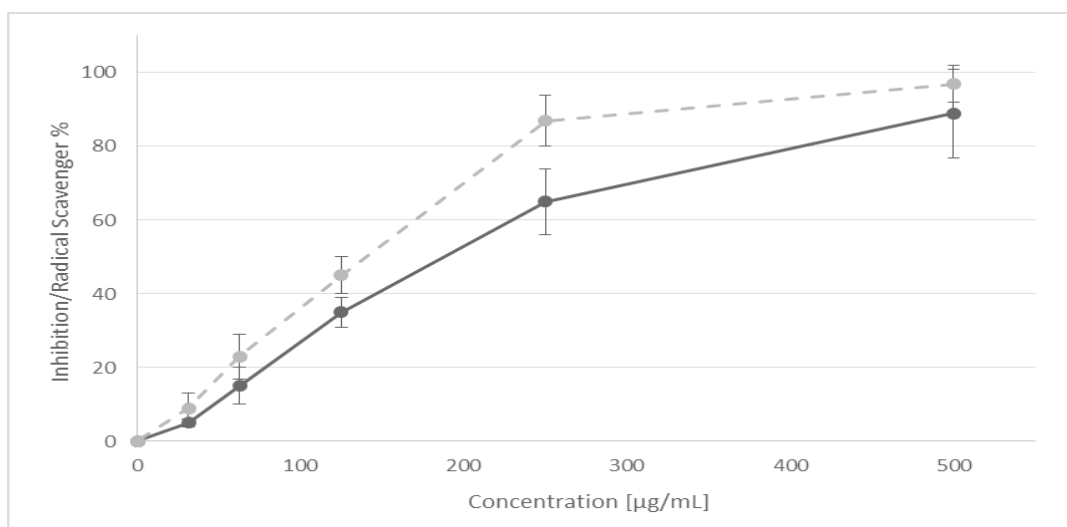


FIGURE 1. Percent of inhibition of the α -glucosidase enzyme (dotted line) and DPPH radical scavenging effect (solid line) of *C. boissieri* fruit extract.

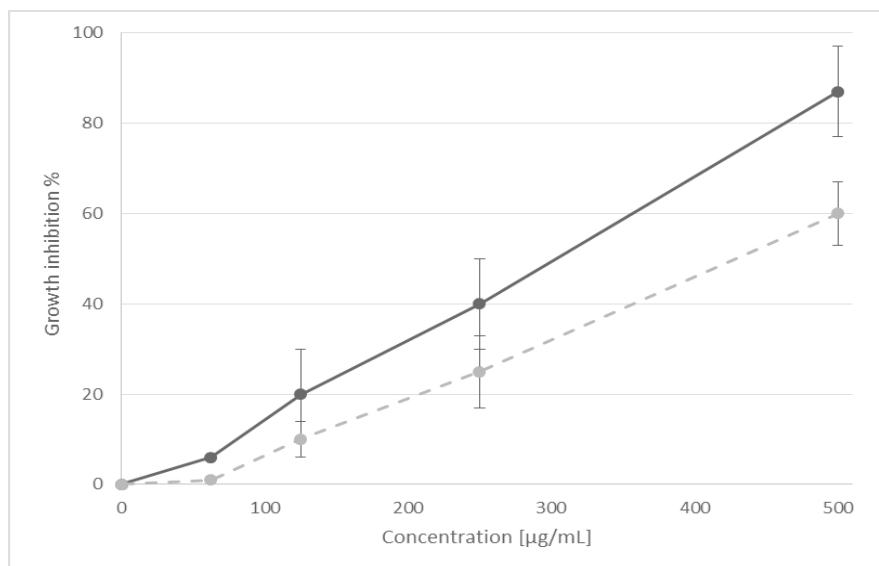


FIGURE 2. Percent inhibition of cellular proliferation MCF-7 (solid line) and of HeLa (dotted line) cancer cell lines exposed for 48h to *C. boissieri* fruit extract.

DISCUSSION

Many methods are used to evaluate antioxidant activities from natural compounds in foods. Two free radicals which are commonly used to assess antioxidant activity in vitro are 2, 2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) and 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH),

both methods employ the principle of a synthetic colored free radical, and the ability of a sample to scavenge the radical monitored by spectrophotometer. The ABTS assay is interesting in organic extracts because the wavelength absorption at 734 nm eliminates color interference, this assay is based on the decreasing absorbance changes

of a blue/green to a colorless solution; whereas the DPPH assay is based on the reduction of the purple to yellow (17). According to our results, the “Mexican anacahuita” has good antioxidant potential with $EC_{50} = 137.75 \pm 35 \mu\text{g/mL}$ when compared with other wild un-common fruits like: *Litchi chinensis* ($102 \mu\text{g/mL}$), *Lonicera caerulea* (76.14 ± 4.04 to $134.92 \pm 4.62 \mu\text{g/mL}$), *Physalis alkekengi* ($248 \mu\text{g/mL}$) and vegetables like: *Moringa oleifera* ($376 \mu\text{g/mL}$), *Chenopodium album* ($454.7 \mu\text{g/mL}$) *Caralluma tuberculata* ($695.7 \mu\text{g/mL}$) (18- 21). ABTS results, on the other hand, were low ($6.5 \pm 0.28 \mu\text{M/g}$) when compared to the Brazilian berries (6.3 ± 0.2 to $125 \pm 9.7 \mu\text{M/g}$). The same standing applies when phenolic content is compared to those same berries, rating a medium content according to the standards they employed. Total phenolic content is similar or superior to that exhibited by wild berries and cultivars (22, 23). On the other side, alpha-glucosidase is one of the enzymes responsible for breaking down carbohydrates to smaller sugar particles, like glucose, to facilitate their absorption. Alpha-glucosidase inhibitors block by competitive and reversible interaction these intestinal enzymes; they slow the digestion of carbohydrates and delay glucose absorption. This results in a smaller and slower rise of blood glucose levels following meals, and throughout the day, for this reason it is important to study alpha glucosidase inhibitors as possible nutraceuticals (24); in this regard, the “anacahuita” showed moderate inhibitory activity (Figure.1) when compared to the blueberries used in the previously mentioned report, however inhibition was on par or superior when compared to that displayed by root extracts of four species of *Flemingia* (25), as well as when compared to controls. The cytotoxic effects of *C. boissieri* fruits against HeLa cells it was good (Figure.2) if is compared with previous reports of non-traditional fruits and analyzed under similar conditions, like: *Pyracantha coccinea* (IC $500 \mu\text{g/mL}$), *Zosima absinthifolia* (IC 1 mg/mL), *Cipadessa baccifera*

($133 \mu\text{g/mL}$), *Solanum erianthum* ($142 \mu\text{g/mL}$) (26-29) on the other side, the methanolic fruit extract of *C. boissieri* was poorly active against MCF-7 cell line in comparative with fruit extracts of *B. racemosa* ($57 \mu\text{g/mL}$) and *H. sabdariffa* ($112 \mu\text{g/mL}$), but good when compared to malay apple (*Syzygium malaccense* with $IC_{50}=632.3 \mu\text{g/ml}$) (30,31). Taking into account the above the cytotoxicity of methanolic extracts from *C. boissieri* (Mexican anacahuita) is moderate compared to other uncommon fruits, however, it could be a good source of compounds with antioxidant activity and potential alpha-glucosidase inhibitory effect

CONCLUSION

Perspectives of utilization of Latin American native fruits are relatively big. The research accomplished indicated the fruits of *C. boissieri* (Mexican anacahuita) as potential source of bioactive substances that could be considered like a possible nutraceutical product.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to PROMEP, for funding the project 103.5/13/6044.

REFERENCES

1. Zhang YJ, Gan RY, Li S, Zhou Y, Li AN, Xu DP, Li HB. Antioxidant Phytochemicals for the Prevention and Treatment of Chronic Diseases. *Molecules* 2015, 20(12): 21138-21156.
2. Ozturk A, Demirsoy L, Demirsoy H, Ozturk S. Quality characteristics and phenolic compounds of european pear cultivars. *Afr J Tradit Complement Altern Med* 2015, 12 (5): 63-69.
3. Da Silva Pereira AC, Wurlitzer NJ, Dionisio AP, Lacerda Soares MV, Rocha Bastos MS, Alves RE, Montenegro Brasil I. Synergistic, additive and antagonistic effects of fruit mixtures on total antioxidant capacities and bioactive compounds in tropical fruit juices. *Arch Latinoam Nutr* 2015, 65(2): 119-127.

4. Kanera IM, Bolman CA, Mesters I, Willems RA, Beaulen AA, Lechner L. Prevalence and correlates of healthy lifestyle behaviors among early cancer survivors. *BMC Cancer* 2016, 16(1):4.
5. Abrantes Sarmento JD, Dantas de Moraes PL, Israel de Souza F, Ramos da Costa L, de Assis Melo NJ. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Ximenia americana* coming from different collection sites. *Arch Latinoam Nutr* 2015, 65(4): 263-270.
6. Sakulnarmrat K, Konzak I. Composition of native Australian herbs polyphenolic-rich fractions and in vitro inhibitory activities against key enzymes relevant to metabolic syndrome. *Food Chem* 2012, 134(2012): 1011-1019.
7. Jamkhande PG, Barde SR, Patwekar SL, Tidke PS. Plant profile, phytochemistry and pharmacology of *Cordia dichotoma* (Indian cherry): A review. *Asian Pac J Trop Biomed* 2013, 3(12): 1009-1012.
8. Hernandez T, Canales M, Teran, B, Avila O, Duran A, Garcia AM, Hernandez H, Angeles-Lopez O, Fernandez-Araiza M, Avila G. Antimicrobial activity of the essential oil and extracts of *Cordia curassavica* (Boraginaceae). *J Ethnopharmacol* 2007, 111(1): 137-141.
9. Martínez M. Las plantas medicinales de México. 6a ed, México: Ediciones Botas; 1967.
10. Alvarado Vázquez M, Rahim Foroughbakhch P, Jurado Y Enrique, Rocha E Alejandra. Caracterización morfológica y nutricional del fruto de anacahuita (*Cordia boissieri* A. DC.) en dos localidades del Noreste de México. *Phyton* 2014, 85-90.
11. Quispe C, Viveros-Valdez E, Yarleque JA, Arones MR, Paniagua JC, Schmeda-Hirschmann G. High speed centrifugal countercurrent chromatography (HSCCC) isolation and identification by LC-MSn analysis of the polar phenolics from *Vasconcellea quercifolia*, *J Chil Chem Soc* 2013, 58 (3)1830-1835.
12. Singleton VL, Rossi Jr, JA. Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult* 1965, 16(3): 144-158.
13. Viveros-Valdez E, Rivas-Morales C, Carranza-Rosales P, Mendoza S, Schmeda-Hirschmann G. Free radical scavengers from the Mexican herbal tea "poleo" (*Hedeoma drummondii*). *Z Naturforsch c* 2008, 63(5-6): 341-346.
14. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio Med* 1999, 26 (9-10): 1231-1237.
15. Yang Z, Wang Y, Wang Y, Zhang Y. Bioassay-guided screening and isolation of α -Glucosidase and tyrosinase inhibitors from leaves of *Morus alba*. *Food Chem* 2011, 131(2011): 617-625.
16. Oliveira de Lacerda de L, Carvalho Veras de M, Melo L. Health promoting and sensory properties of phenolic compounds in food. *Revista Ceres* 2014, 61: 764-779.
17. Ademola Ayeleso O, Oluwafemi Oguntibeju O, Nicole Brooks L. In Vitro Study on the Antioxidant Potentials of the Leaves and Fruits of *Nauclea latifolia*. *Scientific World Journal* 2014, 2014: 437081.
18. Prakash D, Upadhyay G, Pushpangadan P, Gupta C. Antioxidant and free radical scavenging activities of some fruits. *J Complement Integr Med* 2011, 8(1): Article 23.
19. Laczkó-Zöld E, Zupkó I, Réthy B, Csedo K, Hohmann J. Antioxidant activity of the fruits and hydrophilic compounds of *Physalis alkekengi*. *Acta Pharm Hung* 2009, 79(4):169-73.
20. Rop O, Řezníček V, Mlček J, Juríková T, Balík J, Sochor J, Kramářová D. Antioxidant and radical oxygen species scavenging activities of 12 cultivars of blue honeysuckle fruit. *Hort Sci* 2011, 38(2): 63-70.
21. Khatkhat KF. Nutrient composition, phenolic content and free radical scavenging activity of some uncommon vegetables of Pakistan. *Pak J Pharm Sci* 2011,24(3):277-83.
22. Rufino MSM, Alves RE, de Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem* 2010, 121(2010): 996-1002.
23. Wang SY, Camp MJ, Ehlenfeldt MK. Antioxidant capacity and α -glucosidase inhibitory activity in peel and flesh of blueberry (*Vaccinium* spp.)

- cultivars. *Food Chem* 2012, 132(2012): 1759–1768.
24. Podsędek A, Majewska I, Redzynia M, Sosnowska D, Koziółkiewicz M. In vitro inhibitory effect on digestive enzymes and antioxidant potential of commonly consumed fruits. *J Agric Food Chem* 2014, 62(20): 4610-4617.
25. Hsieh P-C, Huang G-J, Ho, Y-L, Lin Y-H, Huang S-H, Chiang Y-C, Tseng M-C, Chang Y-S. Activities of antioxidants, α -Glucosidase inhibitors and aldose reductase inhibitors of the aqueous extracts of four *Flemingia* species in Taiwan. *Bot Stud* 2010, 51: 293-302.
26. Vahabi L, Monajemi R, Hosseini S. A. The Cytotoxic Effect of Methanolic Extract of *Pyracantha coccinea* M. Roemer Fruit on HeLa cell line, Antioxidant Capacities and Total Phenol Contents of Methanolic and Aquatic Extract of this fruit. *Biomed Pharmacol J* 2015, 8.
27. Razavi SM, Ghasemiyan A, Salehi S, Zahri F. Screening of biological activity of *Zosima absinthifolia* fruits extracts. *EurAsia J BioSci* 2009, 4:25-28.
28. Kavitha KR, Bopaiah AK, Ramakrishnaiah H, Naveen Kumar N. Cytotoxicity of *Cipadessa baccifera* (Roth.) Miq., on HeLa, Jurkat, MCF-7, and KB cell lines. *Int J Pharm Bio Sci* 2015, 6(3): 230 – 237.
29. Radhika Mahadev H, Ramakrishnaiah, Krishna V, Deepalakshmi AP, Naveen Kumar N. Cytotoxic Activity Of Methanolic Extracts of *Solanum erianthum* D. Don. *Int J Pharm Pharm Sci* 2014, 7(2):106-108.
30. Norliyana Amran, Anis Najwa Abdul Rani, Roziahanim Mahmud, Khoo Boon Yin. Antioxidant and Cytotoxic Effect of *Barringtonia racemosa* and *Hibiscus sabdariffa* Fruit Extracts in MCF-7 Human Breast Cancer Cell Line. *Pharmacognosy Res* 2016, 8(1): 66–70.
31. Rabeta MS, Chan S, Neda GD, Lam KL, Ong MT. Anticancer effect of underutilized fruits. *Int Food Res J* 2013, 20(2): 551-556.

Recibido: 15-04-2016
Aceptado: 27-06-2016

Asociación entre características antropométricas y funcionalidad motriz en sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física.

*Antonio Eduardo López-Fuenzalida, Carolina Isabel Rodríguez Canales,
Enrique Alejandro Cerda Vega, Enrique Jorge Arriaza Ardiles, Álvaro Renato Reyes Ponce,
Pablo Valdés-Badilla*

Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Educación, Universidad Viña del Mar, Viña del Mar, Chile. Centro de Estudios Avanzados y Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile. Instituto de Actividad Física y Salud, Universidad Autónoma de Chile, Chile. Pedagogía en Educación Física, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile.

RESUMEN: Existe escasa información respecto a la relación entre los parámetros antropométricos y la funcionalidad motriz en sujetos activos e inactivos. En ese sentido, la presente investigación pretende determinar la relación entre las características antropométricas y la puntuación de funcionalidad motriz en sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física. La muestra incluyó 63 sujetos (20 mujeres), distribuidos en tres grupos: grupo físicamente activo (GFA, n=21), grupo deportista (GD, n=21) y grupo físicamente inactivo (GFI, n=21). Las variables estudiadas correspondieron a la composición corporal, perímetro de cintura (PC), índice de masa corporal (IMC), índice cintura-cadera (ICC) y funcionalidad motriz a través del Functional Movement Screen (FMS). Se aplicó Anova una vía, el test de Pearson y un modelo de regresión lineal múltiple, considerando un $p < 0,05$. Los resultados indican correlaciones moderadas e inversas entre la puntuación FMS y la sumatoria de pliegues cutáneos, Z adiposidad, masa adiposa (kg) e IMC en el GFI ($-0,52 \leq r \leq -0,62$), y con la sumatoria de pliegues cutáneos, masa adiposa (kg y %) en el GFA ($-0,54 \leq r \leq -0,60$). Los cambios en la puntuación del FMS se explican principalmente por la suma de pliegues cutáneos, la Z adiposidad, la masa grasa (kg), el porcentaje de masa grasa y el PC. En conclusión, las características antropométricas y la funcionalidad motriz se encuentran asociadas en sujetos chilenos físicamente activos (GFA) e inactivos, mostrando una relación inversa entre el puntaje del FMS con los parámetros de la composición corporal relacionados con la adiposidad.

Palabras clave: Antropometría, composición corporal, índice de masa corporal, funcionalidad motriz, actividad física.

SUMMARY: Association between anthropometric characteristics and the motor function in Chileans subjects with different levels of physical activity.

There is little information about the relationship between anthropometric indexes and motor function in active and inactive subjects. In that sense, this research aims to determine the relationship between anthropometric characteristics and motor function score in Chilean subjects with different levels of physical activity. The sample included 63 subjects (20 women), allocated into three groups: physically active group (GFA, n=21), athlete group (GD, n=21) and physically inactive group (GFI, n=21). The variables studied were body composition, waist circumference (WC), body mass index (BMI), waist-to-hip ratio (WHR), and motor functionality using the Functional Movement Screen (FMS). A One-way ANOVA, Pearson's correlation test, and a multiple linear regression model were applied, considering $P < 0.05$. The results showed a moderate inverse correlation ($-0.52 \leq r \leq -0.62$) between FMS score and sum of skin folds, Z-score fat, fat mass (Kg), BMI in the GFI. Similarly, in the GFA the FMS showed a moderate inverse correlation ($-0.54 \leq r \leq -0.60$) with the sum of skin folds, fat mass (Kg & %). Changes in the FMS score were mainly explained by the sum of skin fold, Z-score fat, fat mass (kg), percentage of fat mass and WC. In conclusion, anthropometric characteristics are associated with motor function in physically active (GFA) and inactive Chilean subjects, showing an inverse relationship between the FMS score and adiposity parameters of body composition.

Key words: Anthropometry, body composition, body mass index, motor function, physical activity.

INTRODUCCIÓN

La práctica regular de ejercicio físico ha sido reconocida como una herramienta eficaz en la prevención y tratamiento de las enfermedades cardiometabólicas de alta prevalencia en la población mundial (1, 2), de esta manera, se precisa que la prescripción de éste sea precedida por la correcta identificación del estado basal de los sujetos, para luego, determinar los parámetros en torno a los ejercicios más adecuados para cada persona con la intención de lograr los mejores resultados tanto de su estado físico como de su salud (3).

En relación a este ámbito de evaluación física pre-participativa y control de los avances logrados como consecuencia del entrenamiento, en los últimos años, se ha utilizado la batería de test Functional Movement Screen (FMS) (4,5), a la que no sólo se le atribuye la capacidad de pesquisar la funcionalidad motriz, sino que adicionalmente asocia esta función/disfunción de movimiento a la probabilidad de riesgo de lesión de los evaluados (6,7). Dentro de este contexto, es que el FMS ha sido aplicado en diferentes grupos de la población, como deportistas de alto rendimiento (8), sujetos que realizan actividad física regularmente (9), bomberos (7), sujetos sedentarios (10) e incluso en niños (6), demostrando no sólo la capacidad de esta batería de pruebas encaminadas a caracterizar el nivel de salud motriz de los evaluados, sino también, el evidenciar que aquellos sujetos que realizan actividad física en forma regular presentan mejores resultados en las pruebas del FMS respecto a los inactivos.

Como fue planteado previamente, el FMS consta de una serie de ejercicios, los que son analizados por el evaluador mediante la búsqueda de la calidad de su ejecución, cuyas características de realización hacen esperable cierta influencia de la constitución morfológica del sujeto evaluado respecto al puntaje obtenido, sustentado en el nexo entre la estructura

y la función descrita por la cineantropometría (11). En efecto, previamente se ha descrito una relación inversa entre el índice de masa corporal (IMC) y el FMS (10), sin embargo es poco conocida la relación de otros parámetros antropométricos que son comúnmente utilizados en la práctica clínica, como son la composición corporal y el índice cintura cadera (ICC) respecto al ejercicio físico regular (12, 13).

En este sentido, el objetivo del presente estudio es determinar la relación entre las características antropométricas y la puntuación de funcionalidad motriz, expresada por el FMS, en sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física. Secundariamente, pretende establecer dentro del grupo de sujetos físicamente activos y deportistas, si esta condición muestra un patrón de relaciones entre los aspectos morfoestructurales con la funcionalidad motriz o es dependiente del tipo de actividad física que realizan los sujetos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación contempla un diseño no experimental, descriptivo transversal, con enfoque cuantitativo.

Sujetos

La muestra fue determinada por conveniencia y alcanzó 63 adultos jóvenes (n=20 mujeres), situados entre los 20 y los 40 años de edad. Los sujetos evaluados fueron distribuidos en tres grupos: a) Grupo de sujetos físicamente activos en el área del acondicionamiento físico (GFA), quienes practicaban fitness (n=21; 15 varones y 6 mujeres), b) Grupo de sujetos deportistas (GD), quienes practicaban fútbol (n=21; 14 varones y 7 mujeres); y, c) Grupos de sujetos físicamente inactivos (GFI) (n=21; 14 varones y 7 mujeres). Para que cada sujeto fuese clasificado dentro de las categorías indicadas anteriormente se consideraban los siguientes criterios: a) sujetos físicamente activos en

el área del acondicionamiento físico: personas que cumplen las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) para sujetos adultos (3) (al menos 20 minutos de actividad física de alta intensidad, 3 veces por semana o al menos 30 minutos de actividad física de moderada intensidad, 5 veces por semana) en base a un sistema de entrenamiento de modalidad sobre-resistido o mixto en gimnasio, por un tiempo mínimo de 6 meses; b) sujetos deportistas (en la especialidad de fútbol): personas que practican regularmente el deporte, con una frecuencia de 5 días semanales, en sesiones de al menos 2 horas diarias, totalizando un mínimo de 10 horas semanales; c) Sujeto físicamente inactivo: personas que no cumplen con las recomendaciones de actividad física del ACSM para sujetos adultos (3).

Respecto a los criterios de inclusión, los sujetos debían cumplir los siguientes requisitos: no presentar lesiones musculoesqueléticas ni alteraciones ortopédicas, no estar en tratamiento médico y de rehabilitación física en las últimas ocho semanas, no haber realizado actividad física las últimas 48 horas, no haber consumido drogas ni fármacos (48 horas), ni haber ingerido alimentos ni bebidas (excepto agua) al menos 3 horas antes de la evaluación.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Escuela de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, adscribiendo íntegramente a los postulados de la Declaración de Helsinki. Adicionalmente, se solicitó la aprobación y firma de un consentimiento informado a cada uno de los sujetos, donde se describía los riesgos y beneficios de su participación en este estudio. Todas las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Unidad Docente Asociada de la Escuela de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en Santiago de Chile.

Características Antropométricas.

Quince variables antropométricas fueron evaluadas siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Internacional para Avances de la Cineantropometría (ISAK) (14). La medición de las variables antropométricas y las características de los materiales utilizados fueron los siguientes: peso corporal total, utilizando balanza electrónica portátil (Seca 769, Alemania; precisión 0.1 kg.), la estatura se midió a través de un estadiómetro portátil (Seca 217, Alemania; precisión 0.1 cm), los pliegues cutáneos: tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pantorrilla con plicómetro (Slime Guide, Rosscraft, Canadá; precisión 0.5 mm), y los perímetros corporales: brazo relajado, antebrazo, tórax, cintura, cadera, muslo medio y pantorrilla con cinta antropométrica (Rosscraft, Canadá; 1 mm precisión). Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo evaluador con nivel 3 de la ISAK (error técnico de medición: 0.87% para las variables evaluadas). Posterior a la recolección de datos, se estimaron los parámetros antropométricos de composición corporal (masa adiposa y muscular), tanto en términos absolutos (kilogramos) como relativos (porcentaje) mediante el método de fraccionamiento pentacompartimental (15). La determinación del índice cintura caderase efectuó mediante la división entre el perímetro de cintura por el perímetro de cadera; mientras que el IMC se obtuvo a través de la división del peso corporal total por la estatura al cuadrado (12).

Funcionalidad motriz: Functional Movement Screen (FMS)

La batería FMS, conjunto de pruebas que determina el nivel de funcionalidad motriz y cuyo propósito es identificar la capacidad y calidad de integración de los movimientos de un sujeto, al mismo tiempo que evalúa las capacidades físicas (flexibilidad, coordinación,

equilibrio y fuerza) del evaluado a través de la ejecución de 7 ejercicios: sentadilla profunda, paso con obstáculo, estocada en línea, movilidad de hombro, elevación de la pierna recta activa, empuje hacia arriba (estabilidad de tronco) y estabilidad rotatoria de tronco (4, 5). La evaluación funcional fue llevada a cabo durante una sesión para cada sujeto, siguiendo las recomendaciones oficiales del método (4, 5). Cada una de las pruebas presenta un rango de puntuación que oscila entre 0 y 3 puntos, distribuyéndose en: 0 = Presencia de dolor durante la ejecución de la prueba, 1 = Incapacidad de ejecutar el movimiento, 2 = El ejercicio es ejecutado mediante compensaciones de otros segmentos corporales, y 3 = Existe una correcta ejecución del movimiento de acuerdo a los criterios propuestos para cada una de las pruebas. De esta manera, el puntaje total por sujeto varía entre 0 y 21 puntos (4, 5). Adicionalmente, se ejecutaron las tres pruebas de compensación (*Crealing Test*) de: hombro (*Impigment Clearing Test*), extensión espinal (*Press Up Clearing Test*) y flexión espinal (*Posterior Rocking Clearing Test*), utilizadas para corregir la puntuación obtenida en las pruebas de movilidad de hombro, empuje hacia arriba – estabilidad de tronco y estabilidad rotatoria de tronco, frente a la presencia de dolor en su ejecución (reemplazando el puntaje obtenido por 0). El material utilizado para efectuar las mediciones de las pruebas del FMS correspondió al kit oficial FMS™ (Estados Unidos), siendo realizadas por un evaluador que contaba con certificación internacional nivel 1 de FMS.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico STATA 13. Se aplicó estadística descriptiva para presentar tanto el puntaje del FMS como las características antropométricas de la muestra. Posterior a la aplicación de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se llevó a cabo la comparación de

las variables antropométricas y el FMS entre los grupos de estudio, utilizando el test Anova una vía con comparación múltiple. Las correlaciones fueron determinadas a través del test de Pearson. Un modelo de regresión lineal múltiple fue aplicado para evaluar qué porcentaje de variabilidad del puntaje del FMS era explicado por variables antropométricas. El nivel de significancia consideró un $p < 0,05$.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta la caracterización antropométrica de la muestra, reportando diferencias significativas entre los sujetos activos GD y GFA respecto al GFI, las diferencias se observan en la sumatoria de 6 pliegues cutáneos (GD= 59.98; GFA=79.28; GFI= 126.5), score Z de la sumatoria de pliegues cutáneos (GD= -1.61; GFA= -1.05; GFI=0.40), la masa adiposa en kg (GD= 16.01; GFA= 19.97; GFI= 26.33) y porcentaje (GD= 23.77; GFA= 28.09; GFI= 35.95), además del porcentaje de masa muscular (GD= 49.93; GFA= 50.21; GFI= 44.83). Mientras se advierten diferencias significativas entre el GD y GFI para el PC (GD= 77.96; GFI=85.48) y el IMC (GD= 23.46; GFI= 26.07).

Al analizar el comportamiento de la funcionalidad motriz expresada a través de la batería FMS (Tabla 2), se puede apreciar diferencias significativas entre los sujetos del GD y GFA respecto al GFI en las pruebas de paso con obstáculos, estocada en línea, empuje hacia arriba (estabilidad de tronco), y en el puntaje total, siendo mejor en los primeros grupos; mientras que en la prueba estabilidad rotatoria se encontraron diferencias entre el GD respecto a los otros dos grupos.

Por otro lado, al analizar las correlaciones entre las variables estudiadas (Tabla 3), se encontró una relación inversa ($-0.52 \leq r \leq -0.62$) entre el puntaje total de la batería FMS y la sumatoria de los pliegues cutáneos, score Z de

TABLA 1. Características antropométricas de los sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física, expresadas en media e intervalo de confianza (95%).

VARIABLES (N=63)	Grupo deportistas (n=21)	Grupo físicamente activo (n=21)	Grupo físicamente inactivo (n=21)
Edad (años)	22.95 (21.92 – 23.99)	28.05 (25.45 – 30.65)	28.14 (25.21 - 31.07)
Masa corporal (kg)	69.80 (65.16 – 74.45)	69.46 (63.32 – 75.59)	72.74 (66.27 – 79.21)
Estatura (cm)	172.1 (167.8 – 176.5)	169.8 (165.0 – 174.7)	166.5 (162.9 – 170.1)
Sum. Pliegues (mm)	59.98 (44.24 – 72.71) §	79.28 (68.76 – 89.79) §	126.5 (110.3 – 142.8)
Z Adip	-1.61(-2.01 - -1.22) §	-1.05 (-1.37 - -0.73) §	0.40 (-0.12 – 0.91)
Masa Adiposa (kg)	16.01 (14.32 - 17.67) §	19.97 (17.49 - 22.45) §	26.33 (23.01 - 29.66)
Masa Adiposa (%)	23.77 (21.04 – 26.50) §	28.09 (25.54 – 30.65) §	35.95 (33.35 – 38.55)
Masa Muscular (kg)	35.12 (31.77 – 38.47)	35.13 (31.11 – 39.15)	32.91 (29.09 – 36.07)
Masa Muscular (%)	49.93 (47.79 - 52.08) §	50.21 (48.00 – 52.43) §	44.83 (42.62 - 47.05)
PC (cm)	77.96 (75.28 – 80.64) §	78.82 (75.07 – 82.56)	85.48 (80.18 – 90.78)
IMC (kg*m ⁻²)	23.46 (22.56 – 24.37) §	23.90 (22.70 – 25.10)	26.07 (24.41 – 27.74)
ICC	0.80 (0.77 – 0.83)	0.81 (0.78 – 0.84)	0.84 (0.80 – 0.89)

Sum. Pliegues: sumatoria de pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, supraespinoso, abdominal, muslo y pantorrilla); Z Adip: score Z sumatoria de pliegues cutáneos; PC: perímetro de cintura; IMC: índice de masa corporal; ICC: índice cintura cadera. § Diferencia significativa respecto al grupo físicamente inactivo.

TABLA 2. Puntaje en las pruebas del Functional Movement Screen de los sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física, valores expresados en media e intervalo de confianza 95%.

(N=63)	Grupo deportistas (n=21)	Grupo físicamente activo (n=21)	Grupo físicamente inactivo (n=21)
Sentadilla profunda	1.62 (1.39 – 1.85)	1.81 (1.46 – 2.15)	1.42 (1.17 – 1.70)
Paso con obstáculo	1.95 (1.65 – 2.26) §	2.05 (1.78 – 2.32) §	1.33 (1.11 – 1.55)
Estocada en línea	2.10 (1.81 – 2.38) §	2.00 (1.75 – 2.25) §	1.52 (1.29 – 1.76)
Movilidad de hombro	2.33 (1.89 – 2.77)	2.61 (2.32 – 2.90)	2.61 (2.35 – 2.87)
Elevación de la pierna recta activa	2.67 (2.45 – 2.89)	2.66 (2.45 – 2.88)	2.29 (2.03 – 2.54)
Empuje hacia arriba (estabilidad de tronco)	2.33 (2.07 – 2.60) §	2.00 (1.65 – 2.35) §	1.43 (1.12 – 1.74)
Estabilidad rotatoria	2.14 (1.98 – 2.31) §	1.66 (1.28 – 2.06) □	1.43 (1.20 – 1.66)
Puntaje FMS	15.14 (14.24 - 16.04) §	14.95 (13.83 - 16.07) §	12.14 (11.28 - 12.99)

FMS= Functional Movement Screen § Diferencia significativa respecto al grupo físicamente inactivo; □ Diferencia significativa respecto al grupo deportista.

TABLA 3. Asociación entre los resultados de las variables antropométricas y el puntaje total de la batería Functional Movement Screen (%) con las variables morfológicas de composición corporal e índices antropométricos de los sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física.

Variables (N=63)	Grupo deportistas (n=21)			Grupo físicamente activo (n=21)			Grupo físicamente inactivo (n=21)		
	r	IC	p	r	IC	p	r	IC	p
Sum Plieg (mm)	-0.05	-0.48 – 0.40	0.82	-0.54	-0.79 – -0.12	0.01	-0.56	-0.80 – -0.17	<0.01
Z Adip	-0.04	-0.72 – 0.41	0.88	-0.48	-0.76 – -0.04	0.03	-0.52	-0.78 – -0.11	<0.02
Masa Adiposa (kg)	-0.03	-0.46 – 0.42	0.90	-0.55	-0.80 – -0.14	0.01	-0.58	-0.81 – -0.20	<0.01
Masa Adiposa (%)	-0.05	-0.48 – 0.40	0.83	-0.60	-0.82 – -0.21	<0.01	-0.18	-0.56 – 0.27	0.43
Masa Muscular (kg)	0.04	-0.41 – 0.47	0.76	0.11	-0.34 – 0.53	0.62	-0.35	-0.68 – 0.10	0.12
Masa Muscular (%)	0.14	-0.32 – 0.55	0.54	0.44	0.01 – 0.74	0.04	-0.04	-0.46 – 0.40	0.86
PC (cm)	-0.13	-0.54 – 0.33	0.58	-0.16	-0.56 – 0.30	0.50	-0.48	-0.76 – 0.06	0.03
IMC (kg*m ⁻²)	-0.01	-0.45 – 0.44	0.98	0.07	-0.38 – 0.50	0.77	-0.62	-0.83 – -0.27	<0.01
ICC	-0.06	-0.49 – 0.39	0.79	-0.12	-0.53 – 0.34	0.62	-0.21	-0.58 – 0.25	0.37

Sum. Plieg: sumatoria de pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, supraespinoso, abdominal, muslo y pantorrilla); Z Adip: score Z sumatoria de pliegues cutáneos; PC: perímetro de cintura; IMC: índice de masa corporal; ICC: índice cintura cadera; r: coeficiente de correlación de Pearson; IC: intervalo de confianza; p= valor p.

la sumatoria de los pliegues cutáneos, masa adiposa (Kg) e índice de masa corporal en los sujetos del GFI. Mientras que, el GFA reportó una relación inversa ($-0.54 \leq r \leq -0.60$) entre la sumatoria de los pliegues cutáneos y masa adiposa (tanto en Kg como en porcentaje). Por último, el puntaje del FMS mostró relaciones inversas con el PC y el IMC en los sujetos del GFI.

La Tabla 4 expone una aproximación multivariada para la sumatoria de pliegues cutáneos, el score Z de la sumatoria de pliegues cutáneos, y la masa grasa (tanto en kg como en

porcentaje) los que mostraron una asociación significativa tanto en el GFA como en el GFI. Una alta variabilidad del puntaje del FMS ($r^2 = 0.43$) es explicada por la masa grasa (kg), seguido por la sumatoria de los pliegues cutáneos ($r^2 = 0.40$), Z-score de la sumatoria de pliegues cutáneos ($r^2 = 0.38$) y porcentaje de adiposidad corporal ($r^2 = 0.36$). Por el contrario, tanto el score Z muscular como la masa muscular (kg) no mostraron asociación significativa con el puntaje del FMS. Mientras que, el PC mostró una asociación significativa con el puntaje del FMS.

TABLA 4. Valores del coeficiente de regresión lineal múltiple, error estándar, intervalo de confianza al 95% y coeficiente de determinación (r^2) respecto a la relación entre los parámetros antropométricos y el puntaje de la batería Functional Movement Screen ajustado por grupo, de los sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física.

Sujetos (N=63)	Variables	Coeficiente	Error estándar	p	IC 95%	r^2
		-0.13	0.04	0.003	-0.21; -0.04	
GFA (n=21)		7.13	3.51	0.047	0.09; 14.17	
GD (n=21)	Sum. Plieg (mm)	5.48	4.02	0.178	-2.57; 13.55	0.40
GFI (n=21)		74.54	5.68	0.000	63.17; 85.91	
		-3.85	1.36	0.006	-6.58; -1.12	
GFA (n=21)		7.80	3.55	0.032	0.69; 14.91	
GD (n=21)	Z Adip	6.54	4.02	0.109	-1.51; 14.60	0.38
GFI (n=21)		59.34	2.15	0.000	55.03; 63.66	
		-0.92	0.25	0.001	-1.42; -0.41	
GFA (n=21)		7.31	3.30	0.031	0.70; 13.91	
GD (n=21)	Masa adiposa (kg)	5.46	3.74	0.150	-2.03; 12.95	0.43
GFI (n=21)		81.70	6.89	0.000	67.91; 95.49	
		-0.51	0.22	0.022	-0.96; -0.07	
GFA (n=21)		9.29	3.47	0.010	2.34; 16.24	
GD (n=21)	Masa Adiposa (%)	7.95	4.03	0.053	-0.12; 16.03	0.36
GFI (n=21)		76.50	8.23	0.000	60.02; 92.98	
		-0.07	1.40	0.959	-2.88; 2.74	
GFA (n=21)		13.38	3.14	0.000	7.08; 19.67	
GD (n=21)	Z musc.	14.27	3.15	0.000	7.95; 20.58	0.30
GFI (n=21)		57.96	3.45	0.000	51.04; 64.87	
		-0.05	0.16	0.719	-0.38; 0.26	
GFA (n=21)		13.50	3.16	0.000	7.18; 19.8	
GD (n=21)	Masa Muscular (kg)	14.41	3.16	0.000	8.08; 20.74	0.30
GFI (n=21)		59.76	5.80	0.000	48.14; 71.38	
		0.52	0.29	0.076	-0.57; 1.11	
GFA (n=21)		10.52	3.44	0.003	3.63; 17.42	
GD (n=21)	Masa Muscular (%)	11.58	3.40	0.001	4.76; 18.40	0.34
GFI (n=21)		34.16	13.29	0.013	7.55; 60.77	
		-22.9	17.01	0.184	-56.9; 11.1	
GFA (n=21)		12.63	3.14	0.000	6.33; 18.92	
GD (n=21)	ICC	13.28	3.18	0.000	6.90; 19.65	0.32
GFI (n=21)		77.12	14.51	0.000	48.08; 106.16	
		-0.82	0.45	0.077	-1.7; 0.09	
GFA (n=21)		11.59	3.21	0.001	5.15; 18.03	
GD (n=21)	IMC	12.13	3.28	0.000	5.56; 18.71	0.34
GFI (n=21)		79.25	12.11	0.000	55.01; 103.48	
		-0.31	0.14	0.031	-0.6; -0.03	
GFA (n=21)		11.25	3.16	0.001	4.90; 17.59	
GD (n=21)	PC	11.88	3.20	0.000	5.46; 18.30	0.35
GFI (n=21)		85.10	12.49	0.000	60.10; 110.11	

Sum. Plieg: sumatoria de pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, supraespinoso, abdominal, muslo y pantorrilla); Z-Adip: score Z sumatoria de pliegues cutáneos; Z-Musc: score Z sumatoria perímetros corporales corregidos (brazo relajado, antebrazo, tórax, muslo y pantorrilla); PC: perímetro de cintura; IMC: índice de masa corporal; ICC: índice cintura cadera; IC: intervalo de confianza; p: valor p; r^2 : coeficiente de determinación.

DISCUSIÓN

El principal resultado de la investigación indica que existen relaciones inversas entre la funcionalidad motriz con los parámetros antropométricos, los cuales se asocian con el contenido de adiposidad corporal tanto en el GFA como en el GFI. Por otro lado, pese a no encontrarse relaciones entre las variables antropométricas con el FMS en el GD, si se aprecian diferencias entre el GFA y GD respecto al GFI tanto en la funcionalidad motriz como en las características morfoestructurales.

Las diferencias encontradas entre los grupos de esta investigación, respecto a los parámetros de la composición corporal, son consistentes con estudios previos; al respecto Rodríguez y cols. (16) exhiben valores de hombres y mujeres tanto para la masa muscular (45% y 50%, respectivamente) como adiposa (21.6% y 29.6%, respectivamente) en sujetos que son categorizados como físicamente activos bajo el mismo criterio utilizado en nuestra investigación, siendo similares a los obtenidos en los grupos de sujetos físicamente activos para la masa muscular (GD=49.93% y GFA= 50.21%) y adiposa (GD =23.77% y GFA=28.09%).

Al analizar los resultados obtenidos por los sujetos en las pruebas del FMS, se obtuvieron diferencias en el paso con obstáculo y la estocada en línea, encontrando mejor rendimiento en el GD y GFA respecto al GFI, observando mayor estabilidad de tronco en los sujetos que entrenan regularmente. De igual forma, otras dos pruebas que mostraron diferencias entre los grupos fueron el empuje hacia arriba – estabilidad de tronco y estabilidad rotatoria, registrando mejores resultados en el GD y GFA, aunque en la estabilidad rotatoria el GD alcanzó mejores puntajes. Esta situación podría explicarse con las diferencias en el tipo de ejercicio físico al que se someten los sujetos, de esta manera el fútbol (GD) requiere de un programa

de entrenamiento específico con énfasis en las rotaciones, cambios de ritmo y de dirección con el propósito de mejorar su rendimiento en el campo de juego(17); mientras que el GFA participa en programas de ejercicio cuyo objetivo responden al control de la ejecución motriz y mejorar la calidad de vida general, persiguiendo incrementos en la fuerza, equilibrio, coordinación y estabilidad central (18).

En relación a los puntajes totales para la batería FMS en los grupos estudiados, tanto el GD (15.14) como el GFA (14.95) presentaron una mejor funcionalidad motriz respecto al GFI (12.14), situación coincidente con la descrita por Kiesely cols. (19), quienes exponen puntajes para el FMS superiores a 14.5 en un grupo de deportistas de alto rendimiento; como también concuerda con los resultados descritos por Li y cols.(20), quienes evaluaron a 290 deportistas de elite de las selecciones nacionales de China (puntaje FMS: 15.3 ± 3.0). Nuestros resultados, sugieren y apoyan la posibilidad de relación entre la batería FMS y la práctica regular de actividad física, independiente del tipo o modalidad de actividad que se realice.

Respecto a las relaciones entre los parámetros antropométricos y el FMS en los grupos estudiados, tras un análisis de regresión lineal múltiple, se obtuvo como resultado que los cambios en el puntaje del FMS son explicados principalmente por: la suma de los pliegues cutáneos, score Z de la sumatoria de pliegues cutáneos, masa adiposa (tanto en kg como porcentaje) y perímetro de cintura. Mientras en los sujetos del GD y GFI la sumatoria de pliegues cutáneos y la adiposidad muestran una relación inversa con el puntaje del FMS ($-0.52 \leq r \leq -0.62$), indicando que frente a valores más elevados de los componentes asociados a la adiposidad corporal menor es el puntaje obtenido en el FMS. Sin perjuicio de lo anterior, sólo en el GFA la masa muscular mostró una correlación directa con el puntaje del FMS, por

tanto, a mayor masa muscular mayor sería la funcionalidad motriz expresada por el FMS. La explicación a las relaciones encontradas, estaría dada por la ineficiencia que tendría la adiposidad en la funcionalidad motriz de las personas (21), lo que sería independiente de su nivel de capacidad física. Además, el GFA obtendría puntajes más elevados debido a las similitudes que presenta su entrenamiento con las pruebas que componen el FMS. Es interesante indicar que aquellos parámetros antropométricos habitualmente relacionados con la salud, PC e IMC, mostraron una relación inversa con el FMS; respaldando lo reportado por Perry y cols.(10), sin embargo es relevante destacar que esta relación sólo se apreció en los sujetos del GFI, constatando la importancia que tendría la utilización de estos parámetros de estudio morfológicos en la orientación de la funcionalidad motriz en este tipo de sujetos.

Por otra parte, llamó profundamente la atención no haber encontrado relación entre la composición corporal y los índices antropométricos con el FMS en el GD, situación similar a la encontrada por Zalai y cols. (22) quienes tampoco encontraron relación entre las variables antropométricas y el FMS en jugadores de fútbol. Es posible que, las diferencias morfológicas asociadas a las posiciones de juego en el fútbol sea un factor a considerar en este tipo de análisis, hecho importante para futuras investigaciones.

Respecto a las aplicaciones prácticas emanadas de esta investigación, podemos señalar que, la valoración morfológica otorga antecedentes más precisos respecto a los parámetros antropométricos utilizados habitualmente para medir la constitución física tanto en personas físicamente activas como inactivas, mientras que la valoración a través del FMS se convierte en una herramienta eficaz para pronosticar la funcionalidad y calidad de ejecución motriz. En este sentido, utilizar la valoración morfoló-

gica junto a la funcionalidad motriz, se constituyen en antecedentes orientadores para los profesionales del área de la actividad física y la salud (23), contribuyendo al diseño y administración de planes nutricionales, actividades o sesiones de entrenamiento, y prescripción de ejercicio físico de acuerdo a las particularidades de cada sujeto. No obstante, para evaluar deportistas o atletas de elite debe considerarse la lógica interna de la disciplina, dado a que los resultados podrían estar relacionados con las características propias del deporte, o bien, con la función que el deportista desempeña en el juego.

Finalmente, consideramos como una fortaleza esta, indagar respecto a la relación entre el puntaje del FMS con un importante número de parámetros antropométricos en grupos con diferentes niveles de actividad física, no habiéndonos limitado al estudio de los indicadores generales del estado morfológico de las personas como lo son el IMC, PC e ICC. Por otro lado, consideramos como una debilidad de nuestro estudio el no haber estimado el dimorfismo sexual en los grupos estudiados (pese a presentar una proporción equilibrada entre hombres y mujeres), por lo que futuras investigaciones debieran consignar la diferencias según sexo, al relacionar los puntajes del FMS y las características antropométricas.

CONCLUSIÓN

Las características antropométricas y la funcionalidad motriz se encuentran asociadas en sujetos chilenos físicamente activos (GFA) e inactivos, encontrando una relación inversa entre el puntaje del FMS con los parámetros de la composición corporal relacionados con la adiposidad. Estos antecedentes sugieren que sería posible predecir la funcionalidad motriz basándose en los parámetros antropométricos relacionados con la adiposidad tanto en sujetos adultos-jóvenes activos como inactivos. Mientras que, para

el caso de jugadores de fútbol, puede ser necesario incluir medidas más específicas para una mejor descripción de la funcionalidad motriz.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que participaron como sujetos de estudio, a la Srta. Antonia López Smith, Sra. Patricia Moreno Macaya, a la Unidad Docente Asociada Ciencias de la Salud y al Comité de Ética Científico de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile, por su financiamiento y apoyo académico investigativo.

REFERENCIAS

1. Carvalho VO, Mezzani A. Aerobic exercise training intensity in patients with chronic heart failure: principles of assessment and prescription. *Eur J Cardiovasc Prev R.* 2011;18(1):5-14.
2. Church T. Exercise in obesity, metabolic syndrome, and diabetes. *Prog Cardiovasc Dis.* 2011;53(6):412-8.
3. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59.
4. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(3):396-409.
5. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(4):549-63.
6. Letafatkar A, Hadadnezhad M, Shojaedin S, Mohamadi E. Relationship between functional movement screening score and history of injury. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):21-7.
7. Peate WF, Bates G, Lunda K, Francis S, Bellamy K. Core strength: a new model for injury prediction and prevention. *J Occup Med Toxicol.* 2007;2:3.
8. Fox D, O'Malley E, Blake C. Normative data for the Functional Movement Screen in male Gaelic field sports. *Phys Ther Sport.* 2014;15(3):194-9.
9. Schneiders AG, Davidsson A, Horman E, Sullivan SJ. Functional movement screen normative values in a young, active population. *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6(2):75-82.
10. Perry FT, Koehle MS. Normative data for the functional movement screen in middle-aged adults. *J Strength Cond Res.* 2013;27(2):458-62.
11. Stewart A. Kinanthropometry - the interdisciplinary discipline. *J Sports Sci.* 2007;25(4):373.
12. Liu T-H, Chiou W-K, Wu T-Y, Lin J-D. Identification of anthropometric measurements as health indices. *J Chin Inst Eng.* 2002;19(1):83-93.
13. Reilly T. The international face of sports science through the window of the *Journal of Sports Sciences*—with a special reference to kinanthropometry. *J Sports Sci.* 2008;26(4):349-63.
14. Kinanthropometry TISfAo. International Standards for Anthropometric Assessment. 2011.
15. Kerr DA. An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses, in males and females age 6 to 77 years 1989.
16. Rodríguez FJR, Almagià Flores AA, Yuing Farias T, Binvignat Gutierrez O, Lizana Arce P. Composición corporal y somatotipo referencial de sujetos físicamente activos. *Int J Morphol.* 2010;28(4):1159-65.
17. Turner AN., & Stewart PF. Strength and Conditioning for Soccer Players. *Strength Cond J.* 2014; 36(4), 1-13.
18. Heyward VH. Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio. *Médica Panamericana;* 2008.

19. Kiesel K, Plisky P, Butler R. Functional movement test scores improve following a standardized off season intervention program in professional football players. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(2):287-92.
20. Li Y, Wang X, Chen X, Dai B. Exploratory factor analysis of the functional movement screen in elite athletes. *J Sports Sci*. 2015;33(11):1166-72.
21. Welch BE, Riendeau RP, Crisp CE, Isenstein RS. Relationship of maximal oxygen consumption to various components of body composition. *J Appl Physiol*. 1958;12(3):395-8.
22. Zalai D, Panics G, Bobak P, Csaki I, Hamar P. Quality of functional movement patterns and injury examination in elite-level male professional football players. *Acta Physiol Hung*. 2015;102(1):34-42.
23. Tanner RK, Gore CJ. *Physiological tests for elite athletes*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2013.

Recibido: 23-01-2016

Aceptado: 26-04-2016

Differences in nutritional status, physical activity, and fruit and vegetable consumption in urban and rural school-going adolescents in Paute, Ecuador

Patricia Flor-Garrido, Matthew L. Romo, Victoria Abril-Ulloa.

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Cuenca, Campus Paraíso, Cuenca, Ecuador.
Dirección de Investigación, Universidad de Cuenca, Ciudadela Universitaria, Cuenca, Ecuador.

SUMMARY: Ecuador is undergoing a nutrition transition where overweight/obesity coexist with undernutrition. The objective of this study was to determine nutritional status, physical activity, fruit and vegetables consumption frequency among school-going adolescents in the canton of Paute and further explore if these variables were differential by urban vs. rural residence. We conducted a cross-sectional study using a random sample of students aged 12 to 19 years from the only two public secondary schools in the canton Paute. We determined nutritional status according to the World Health Organization criteria. Demographics, physical activity habits, fruit and vegetable consumption frequency were determined by questionnaires. Of the total of 314 students, 44.9% lived in urban area and 55.1% in rural area. The prevalence of overweight/obesity was significantly higher among students with urban vs. rural residence (28.4% vs. 17.9%; $P=.03$). The prevalence of stunting was significantly higher among students with rural vs. urban residence (31.8% vs. 16.3%; $P=.002$). There were no significant differences detected between groups in the frequency of consumption of fruits and vegetables. Urban residence was associated with a greater mean number of minutes of outdoor recreation after school (76.0 minutes vs. 57.1 minutes; $P=.02$), greater weekly hours of planned physical activity (2.0 hours vs. 1.6 hours; $P=.007$), and greater daily screen time in front of a television or computer (3.2 hours vs. 2.5 hours; $P<.001$). Interventions to prevent or reduce overweight/obesity in Paute and other similar areas with students from both urban and rural areas should consider place of residence in their design.

Key words: Adolescent; rural population; urban population; overweight; obesity; Ecuador.

RESUMEN: Diferencias entre estado nutricional, actividad física y consumo de frutas y verduras en adolescentes del área urbana y rural de Paute, Ecuador. Ecuador experimenta una transición nutricional donde el sobrepeso y la obesidad coexisten con la desnutrición. El objetivo de este estudio fue determinar estado nutricional, actividad física, consumo de frutas y verduras en adolescentes del cantón Paute-Ecuador y explorar las diferencias entre residencia urbana y rural. Se realizó un estudio transversal, con una muestra aleatoria de estudiantes de 12 a 19 años de edad en los dos únicos colegios de Paute. Se determinó el estado nutricional con el criterio de Organización Mundial de la Salud. Se determinó lugar de residencia, actividad física y frecuencia de consumo de frutas y verduras mediante cuestionarios. De los 314 estudiantes, 44,9% vivían en área urbana y 55,1% en área rural. La prevalencia de sobrepeso/obesidad fue más alta entre estudiantes del área urbana vs los del área rural (28,4% vs 17,9%; $p=0,03$). La prevalencia de talla baja fue mayor en área rural comparado con área urbana (31,8% vs 16,3%; $p=0,002$). No se encontraron diferencias significativas en el consumo de frutas y verduras. Los estudiantes del área urbana tuvieron un mayor promedio de minutos de actividad física después del colegio (76,0 vs 57,1 minutos; $p=0,02$), mayor número de horas de actividad física a la semana (2,0 vs 1,6 horas; $p=0,007$), y mayor tiempo frente a la pantalla del televisor o computador (3,2 vs 2,5 horas; $p<0,001$). Las intervenciones para prevenir o reducir el sobrepeso/obesidad en Paute y otras áreas similares con estudiantes de áreas urbana y rural deben considerar el lugar de residencia en sus diseños.

Palabras clave: Adolescentes; población rural; población urbana; sobrepeso; obesidad; Ecuador.

INTRODUCTION

Similar to other countries in Latin America, Ecuador is undergoing a nutrition transition where undernutrition and overnutrition co-exist (1). The most recent and only nationally representati-

ve data on the prevalence of overweight and obesity among adolescents in Ecuador come from the Ecuadorian Health and Nutrition Survey (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición [ENSANUT] 2012, which reported an overall prevalence of

overweight/obesity of 26.0% in adolescents (2). In ENSANUT, overweight/obesity was higher among younger (12-14 years) vs. older adolescents (15-19 years) (27.0% vs. 24.5%), higher among females vs. males (28.8% vs. 23.3%), higher among the wealthiest adolescents vs. the poorest adolescents (28.3% vs. 19.4%), highest among Afroecuadorians (43.7%), and highest among adolescents from the province of Azuay (34.4%) and the Galápagos islands (34.5%) (2). As elsewhere in Latin America (3), the prevalence of overweight/obesity among adolescents in Ecuador is higher in urban settings compared with rural settings (2, 4). In ENSANUT the prevalence of overweight and obesity in urban vs. rural environments was 29.4% vs. 21.1% in the sierra region, 28.9% vs. 19.4% in the coastal region, and 26.2% vs. 21.8% in the Amazon region (2).

At the same time, stunting remains an important public health issue, with 19.1% of the adolescent population stunted, with the highest prevalence in the indigenous population (48.8%), greatest prevalence in the poorest vs. wealthiest adolescents (33.8% vs. 6.7%), and rural vs. urban populations (sierra region 32.7% vs. 17.8%; coastal region 18.4% vs. 16.6%; Amazon region: 28.4% vs. 17.2%) (2).

Lifestyle factors are highly relevant to the prevalence of overweight/obesity in Ecuador. In terms of physical activity, only 28.0% of adolescents were classified as physically active in ENSANUT (defined as at least 60 minutes of daily moderate to vigorous physical activity for 5 out of the last 7 days) (2). Similarly, excessive screen time is an issue with 25.7% of adolescents watching 2 or more hours of TV or playing videogames (not inclusive of computer, tablet, or cellular phone time). Lifestyle factors are also important for noncommunicable disease risk in general. In particular, reduced fruit and vegetable consumption is a known modifiable risk factor for noncommunicable diseases (5). Nationally representative

data from ENSANUT indicate that in Ecuador, the average consumption of fruits and vegetables insufficient at 183 g daily in the overall population, and at 168 g for males and 184 g for females in the adolescent age group (2).

As school-based interventions are an attractive way to promote health in the adolescent population, we sought to determine the epidemiology of nutritional status, physical activity, and fruit and vegetables consumption frequency among school-going adolescents in the canton of Paute, Ecuador. As Paute is a canton with both urban and rural areas, we sought to further explore if these variables were differential by area of residence.

MATERIALS AND METHODS

This cross-sectional study enrolled adolescents from the only two public secondary schools in Paute ("Ciudad del Paute" and "26 de Febrero") in July 2014. Paute is a canton in the province of Azuay located in the southern sierra region of Ecuador, northeast from the city of Cuenca with approximately 25 thousand inhabitants. Like other cantons, Paute is further subdivided into several parroquias (parishes), which are either urban (i.e., within the town center) or rural (i.e., outside of the town center). A random sample was taken from each school, based upon an estimated sample size of 314. Sample size was based on determining the prevalence of obesity and was calculated assuming an 8% prevalence of obesity, an alpha of 0.05, and a precision of 3%. All students between the ages of 12 and 19 years old were eligible. We obtained written informed consent from both the students and their parents. The ethics committee of the University of Cuenca approved this study.

Two nutritionists and a pediatrician conducted anthropometric measurements and interviews, with previous standardized training. Students were asked their birth date (converted to age in

years and categorized as ≤ 13 years, 14 years, 15 years, 16 years, and ≥ 17 years), sex, and maternal and paternal education level (none, primary school, secondary school, or greater). Weight was measured using a calibrated digital scale (Health o Meter®) to the nearest 0.1 kg with the children wearing light clothing. Height was measured using a portable stadiometer (Seca®) with the participants not wearing shoes. Waist circumference was measured to the nearest 1 mm using a nonelastic flexible measuring tape (Seca®) midway between the lowest rib margin and the iliac crest after exhaling in a standing position. Weight, height, and waist circumference were measured twice and the average of the two values was used in our analysis. Nutritional status was defined using the 2007 World Health Organization (WHO) growth reference curves for children aged 5 to 19 years, using the SAS Macro provided by WHO (6). Weight status was categorized using body mass index (BMI)-for-age z-score using the following standard deviation (SD) cut-offs: below -2 SD (underweight), between -2 SD and +1 SD (normal weight), between +1 SD and +2 SD (overweight), and above +2 SD (obese). Height status was categorized using height-for-age z-score using the following cut-offs: below -2 SD (stunted) and between -2 SD and +2SD (normal). The WHO criteria were used in our main analysis to allow comparability with ENSANUT, but we also used the 2012 International Obesity Task Force (IOTF) criteria. For IOTF, we used charts to identify a corresponding BMI of 2 at 18 years (defined as overweight/obese), using the student's BMI, age (at 0.5 year intervals), and sex (7). Abdominal obesity was defined as having a waist circumference at or above the 90th percentile for age and sex, using the Mexican-American child and adolescent population from the US National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) III as a reference group (8). Urban residence was defined as living in the city center of Paute and rural residence was defined as living

outside of the city center, and determined based upon the participants' self-reported residence.

Physical activity habits were assessed using an adapted questionnaire asking about sedentary and physical activity, developed in Chile and previously used to evaluate physical activity in school children in Cuenca, Ecuador (9). Students were asked how many hours they normally sleep at night and during the day; how many hours they spend inactive in class, doing homework or studying, during meals, in car or other transport, in front of television or computer or playing videogames; how many minutes a day of outdoor recreation outside of school (e.g., bicycling, playing soccer, running etc.); and how many hours per week in planned physical activity (e.g., gymnasium, soccer club, etc., including physical education classes at school).

Fruit and vegetable consumption was assessed by a questionnaire asking about the number of typical daily servings of each. Nutritionists met with small groups of participants (approximately 5 students at a time) and went through the questionnaire, using photos and food models to explain serving sizes. Specific fruits included bananas, apples, peaches, papaya, pineapple, grapes, oranges, tangerines, and tomate de árbol (tamarillo). Specific vegetables were lettuce, cauliflower, cabbage, tomato, beets, cucumbers, and carrots. In addition to the mean number of servings for each food group, fruit and vegetable consumption was dichotomized into ≥ 5 daily servings and < 5 daily servings, consistent with recommendation from WHO (at least 400 g daily, excluding potatoes and tubers) (10).

We first describe the overall sample by demographics, nutritional status, physical activity habits, and fruit and vegetable consumption frequency. We then used Pearson's Chi-Square tests to evaluate the distribution of categorical variables by urban vs. rural residence status. Fisher's exact test was used for any variables with counts

<5. For continuous variables, Mann-Whitney-Wilcoxon tests were used to compare means by residence status. An alpha value <0.05 was considered to be statistically significant. All analyses were performed in SAS 9.3 (SAS Institute, Cary NC).

RESULTS

Overall, 314 students were enrolled and completed this study. There were more female than male students (57.3% vs. 42.7%) and most were 16 years old or younger (77.7%). Approximately two-thirds of participants' mothers and fathers had

an education level of primary school or less (66.6% and 62.7%, respectively). With regard to nutritional status (WHO criteria), 1.9% of students were underweight and 22.6% (95% confidence interval (CI): 17.9%, 27.6%) were overweight/obese with 2.9% (95% CI: 0.9, 5.0) obese. In addition, 1.6% of had abdominal obesity and 24.8% were stunted. When stratifying by sex, there were no significant differences detected for overweight/obesity (males 23.9% vs. females 21.7%; P=.64) and stunting (males 28.4% vs. females 22.2%; P=.21), using the WHO criteria.

When comparing demographics and anthropometry by residence (Table 1), students with rural residence significantly more often had parents with an education

TABLE 1. Demographics and anthropometry overall and by urban vs. rural residence.

	Total n=314	Urban n=141	Rural n=173	P-value
Age				
≤13 years	69 (22.0%)	33 (23.4%)	36 (20.8%)	
14	72 (22.9%)	35 (24.8%)	37 (21.4%)	
15	51 (16.2%)	25 (17.7%)	26 (15.0%)	
16	52 (16.6%)	21 (14.9%)	31 (17.9%)	
≥17 years	70 (22.3%)	27 (19.1%)	43 (24.9%)	.64a
Sex				
Male	134 (42.7%)	64 (45.4%)	70 (40.5%)	
Female	180 (57.3%)	77 (54.6%)	103 (59.5%)	.38a
School				
Ciudad de Paute	171 (54.5%)	99 (70.2%)	72 (41.6%)	
26 de Febrero	143 (45.5%)	42 (29.8%)	101 (58.4%)	<.001a
Mother education				
Primary school or less	209 (66.6%)	69 (48.9%)	140 (80.9%)	
Secondary school or greater	105 (33.4%)	72 (51.1%)	33 (19.1%)	<.001a
Father education				
Primary school or less	197 (62.7%)	62 (44.0%)	135 (78.0%)	
Secondary school or greater	117 (37.3%)	79 (56.0%)	38 (22.0%)	<.001a
Anthropometry				
Height (m), mean (SD)	1.5 (0.08)	1.6 (0.08)	1.5 (0.08)	.02b
Weight (kg), mean (SD)	52.0 (9.5)	53.0 (10.0)	51.3 (8.9)	.24b
Waist circumference (cm), mean (SD)	77.9 (7.5)	78.7 (7.9)	77.2 (7.1)	.08b
Nutritional status (WHO)				
Underweight	6 (1.9%)	1 (0.7%)	5 (2.9%)	
Normal	237 (75.5%)	100 (70.9%)	137 (79.2%)	
Overweight	62 (19.8%)	34 (24.1%)	28 (16.2%)	
Obese	9 (2.9%)	6 (4.3%)	3 (1.7%)	.08c
Overweight/obese (WHO)				
Yes	71 (22.6%)	40 (28.4%)	31 (17.9%)	
No	243 (77.4%)	101 (71.6%)	142 (82.1%)	.03a
Overweight/obese (IOTF)				
Yes	63 (20.1%)	36 (25.5%)	27 (15.6%)	
No	251 (79.9%)	195 (75.5%)	146 (84.4%)	.03a
Height-for-age (WHO)				
Normal	236 (75.2%)	118 (83.7%)	118 (68.2%)	
Stunted	78 (24.8%)	23 (16.3%)	55 (31.8%)	.002a
Abdominal obesity				
Yes	5 (1.6%)	4 (2.8%)	1 (0.6%)	
No	309 (98.4%)	137 (97.2%)	172 (99.4%)	.18c

IOTF, International Obesity Task Force; SD, standard deviation; WHO, World Health Organization. a Pearson's chi-square test. b Mann-Whitney-Wilcoxon test. c Fisher's exact test.

of primary school or less (mothers: 80.9% vs. 48.9%, $P<.001$; fathers: 78.0% vs. 44.0%, $P<.001$), were less often overweight or obese (17.9% vs. 28.4% $P=.03$), and were more often stunted (31.8% vs. 16.3% $P=.002$), using the WHO criteria, compared with students with urban residence. In our sensitivity analysis re-defining overweight/obesity per the IOTF criteria, the overall prevalence of overweight/obesity diminished (WHO: 22.6%; IOTF: 20.1%); however, overweight/obesity remained more prevalent in urban vs. rural areas (IOTF: 25.5% vs. 15.6%, $P=.03$).

When comparing physical activity habits and fruit and vegetable consumption frequency by residence (Table 2), students with rural residence spent fewer hours doing homework daily (1.6 vs. 1.9; $P=.02$),

spent more hours in a car or bus daily (1.1 vs. 0.3; $P<.001$), had fewer daily minutes of outdoor recreation outside of school (57.1 vs. 76.0; $P=.02$), had fewer weekly hours of planned physical activity (1.6 vs. 2.0; $P=.007$), and had fewer hours of

TABLE 2. Physical activity and fruit and vegetable consumption frequency overall and by urban vs. rural residence

	Total n=314	Urban n=141	Rural n=173	P-value
Daily hours sleeping				
Mean (SD)	8.4 (1.2)	8.5 (1.1)	8.4 (1.2)	.32a
Median (IQR)	8.0 (1.0)	8.0 (1.0)	8.0 (1.0)	
Daily hours doing homework				
Mean (SD)	1.7 (0.9)	1.9 (0.9)	1.6 (0.8)	.02a
Median (IQR)	2.0 (1.0)	2.0 (1.0)	1.0 (1.0)	
Daily hours in class				
Mean (SD)	5.7 (1.0)	5.6 (1.0)	5.7 (1.0)	.23a
Median (IQR)	5.3 (1.5)	5.0 (1.5)	5.7 (1.5)	
Daily hours eating at meals				
Mean (SD)	0.7 (0.4)	0.7 (0.5)	0.7 (0.4)	.61a
Median (IQR)	0.7 (0.5)	0.5 (0.5)	0.7 (0.5)	
Daily hours in car or bus				
Mean (SD)	0.8 (4.7)	0.3 (0.6)	1.1 (6.3)	<.001a
Median (IQR)	0.4 (0.6)	0.2 (0.5)	0.5 (0.8)	
Daily minutes of outdoor recreation after school				
Mean (SD)	65.5 (59.4)	76.0 (68.5)	57.1 (49.4)	.02a
Median (IQR)	60.0 (90.0)	60.0 (90.0)	60.0 (60.0)	
Weekly hours of planned physical activity				
Mean (SD)	1.8 (1.5)	2.0 (1.7)	1.6 (1.3)	.007a
Median (IQR)	1.3 (0.2)	1.3 (0.7)	1.3 (0.2)	
Daily hours of screen time				
Mean (SD)	2.8 (1.6)	3.2 (1.7)	2.5 (1.5)	<.001a
Median (IQR)	3.0 (2.8)	3.0 (2.0)	2.0 (2.0)	
>2 hours	167 (53.2%)	85 (50.9%)	56 (38.1%)	.02b
≤2 hours	147 (46.8%)	82 (49.1%)	91 (61.9%)	
Daily fruit servings				
Mean (SD)	3.3 (3.9)	3.4 (3.9)	3.1 (3.8)	.37a
Median (IQR)	2.0 (5.0)	2.0 (6.0)	2.0 (5.0)	
Daily vegetable servings				
Mean (SD)	1.2 (2.1)	1.2 (2.2)	1.2 (1.9)	.36a
Median (IQR)	0.0 (2.0)	0.0 (2.0)	0.0 (2.0)	
Daily fruit and vegetable consumption				
<5 servings	200 (63.7%)	88 (62.4%)	112 (64.7%)	.67b
≥5 servings	114 (36.3%)	53 (37.6%)	61 (35.3%)	

IQR, interquartile range; SD, standard deviation.

a Mann-Whitney-Wilcoxon test.

b Pearson's chi-square test.

screen time (2.5 vs. 3.2; $P<.001$), compared with students with urban residence. The majority of students had <5 servings of fruits and vegetables daily, but there were no significant differences detected between urban and rural groups.

DISCUSSION

In Paute, we found that the prevalence of overweight and obesity among adolescents was numerically lower than the national prevalence (22.6% vs. 26.0%); however, the prevalence of overweight/obesity surpassed national prevalence in students with urban residence (28.4%). Additionally, the prevalence of overweight/obesity was substantially lower than what was reported by ENSANUT specifically for the prevalence of Azuay (22.6% vs. 34.4%). The prevalence of stunting was higher in Paute compared with the national prevalence in adolescents (24.8% vs. 19.1%) and was particularly high in adolescents with rural residence (31.8%). We found significant differences between the prevalence of overweight/obesity and stunting when comparing urban and rural residence; urban students were more often overweight/obese and less often stunted and rural students were less often overweight/obese and more often stunted.

In Ecuador, the WHO reference values are most frequently used for clinical practice and research (2). In this study, we included the IOTF criteria strictly for the purpose of comparison, as it has previously been used in other research in Ecuador (4). In our analysis using the IOTF classification of overweight/obesity, there was lower prevalence of overweight/obesity overall compared with the WHO criteria; however, the distribution of overweight/obesity by urban vs. rural residence was similar. This variability in overweight/obesity prevalence by different definition was also observed in a study of school-aged children in Cuenca, Ecuador (9). This highlights the potential value in exploring the need for country specific reference values for Ecuador, as has been done in Bolivia (11). Aside from overweight/obesity, this study also emphasizes the high prevalence of stunting in Ecuador, particularly among students with rural residence in Paute. In Ecuador and in other places with a high prevalence of stunting, adequate nutrition needs to be address-

sed as early as possible in the life course, as this clearly affects health and wellness, but can also impact later school performance, which can ultimately lead to missed opportunities in education to improve living conditions for them and their families in the future (2).

Our findings of greater prevalence of overweight/obesity among urban adolescents are consistent with both ENSANUT (2) and a previous cross-sectional study, which compared adolescents from the urban city of Cuenca with the mostly rural canton of Nabón, both in Azuay province (4). Although there are few studies exploring this phenomenon, the higher prevalence of overweight/obesity among adolescents with urban vs. rural residence is consistent with studies from Brazil (3), India (12), and Nigeria (13). A factor that may at least partially explain the higher prevalence of overweight/obesity in urban adolescents is higher socioeconomic status. Although we did not measure socioeconomic status in our study, urban students had parents with significantly higher education level, which may be associated with greater economic prosperity. This phenomenon is similar in other low- and middle-income countries, and may be explained by greater economic power to buy high energy density foods and drinks and access to items that promote a more sedentary lifestyle (14). However, we cannot be certain about this in Paute, given that we did not collect data on pocket money, socioeconomic status, or access to high energy density foods.

In our study, urban adolescents appeared to be more physically active despite greater screen time, based on their reports of programmed physical activity and after-school recreation. This finding is consistent with a previous study comparing Cuenca and Nabón in Ecuador reported that urban dwelling adolescents from Cuenca had greater physical fitness (15). However, physical activity questionnaires that have been used in studies comparing urban and rural adolescents

have generally had suboptimal validity for rural students, in Ecuador (16), and in other parts of the world, such as in Vietnam (17). In areas like Paute with students of mixed urban and rural residence, questionnaires to measure physical activity need to take into account the different built environments of the population and associated activities (e.g., participating in farming) in order to get an accurate estimation of different measures of physical activity. This is an important area for future research.

Although we did not detect significant differences by residence in terms of fruit and vegetable consumption frequency, the distribution of these frequencies highlights some potential areas for intervention. In particular, vegetable consumption had a skewed distribution, with a median of 0 daily servings (interquartile range of 2 servings), indicating deficient intake in the majority of students. In contrast to vegetable consumption, fruit consumption was higher with a median of 2 daily servings (interquartile range of 5 servings). However, when combining these variables, fruit and vegetable consumption was deficient in most students, with 63.7% eating less than 5 servings daily (approximately 400 g), as recommended by WHO. Similar trends have been observed at the national level with average consumption of fruits and vegetables <200 g for adolescents (2). This is an ideal area for health promotion, which is facilitated by the abundance and low price of fruits and vegetables in many areas of Ecuador and particularly in Paute. This is a major advantage over many countries, particularly in North American and Europe, where fruits and vegetables are expensive (18) and a socioeconomic gradient for fruit and vegetable consumption exists (19). Increasing fruit and vegetable consumption needs to be a public health priority in Ecuador in order to reduce the burden of noncommunicable disease (5, 20), and could be achieved through implementing a national campaign with a simple core message to increase fruit and vegetable consump-

tion, as has been done in the United States (21).

There are some limitations of this study that should be considered. First, in terms of the survey design, the frequency of fruit and vegetable consumption was limited to the specific items included in the survey and may not have been all-inclusive, and all data were self-reported and thus, potentially subject to bias. Second, our main analysis was powered to estimate the prevalence of obesity in Paute and thus, we may have had insufficient power to detect differences of some variables when comparing by residence. Third, we did not control for confounders that may have at least partly explained some of the associations we observed; however, the objective of this study was to simply look at distributions of variables by area of residence. Analysis of adequately powered, nationally representative surveys with more detailed data would be best to clarify pathways in which area of residence influences nutritional status. Although our results are only generalizable to adolescents who attend public school in Paute, some of our findings are relevant for similar communities in the region.

CONCLUSIONS

The high prevalence of co-existing overweight/obesity and stunting in Paute exemplifies the nutrition transition in Ecuador. Our findings suggest that school-based interventions to reduce overweight/obesity in Ecuador need to consider students' residence in the design and implementation of interventions, at least in schools with a mix of urban and rural students. Based on our findings, we would propose school-based interventions in Paute and similar areas focus on increasing fruit/vegetable consumption, reducing screen time in all students, but particularly in urban students, and increasing out-of-school physical activity in all students, but particularly in rural students. In addition, future research is needed to identify additional risk factors that may explain why overweight/obesity is more prevalent in ur-

ban adolescents compared with rural adolescents from the same region in Ecuador and in other countries in nutritional transition.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the students who participated in this study, as well as the secondary schools (“Ciudad del Paute” and “26 de Febrero”) for their collaboration. We would also like to thank nutritionists Diana Morales and Gabriela Molina for their contributions in carrying out this study.

REFERENCES

- Freire WB, Silva-Jaramillo KM, Ramírez-Luzuriaga MJ, Belmont P, Waters WF. The double burden of undernutrition and excess body weight in Ecuador. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(6):1636S-1643S.
- Freire WB, Ramírez-Luzuriaga MJ, Belmont P, Mendieta MJ, Silva-Jaramillo K, Romero N, et al. Tomo 1: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la población ecuatoriana de cero a 59 años. ENSANUT-ECU 2012. Ministerio de Salud Pública/Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Primera Edición. Quito, Ecuador; 2014. Available from: <http://www.salud.gob.ec/encuesta-nacional-de-salud-y-nutricion-ensanut/>. Accessed May 24, 2016.
- da Veiga GV, da Cunha AS, Sichieri R. Trends in Overweight Among Adolescents Living in the Poorest and Richest Regions of Brazil. *Am J Public Health.* 2004;94(9):1544-1548.
- Ochoa-Avilés A, Andrade S, Huynh T, Verstraeten R, Lachat C, Rojas R, et al. Prevalence and socioeconomic differences of risk factors of cardiovascular disease in Ecuadorian adolescents. *Pediatr Obes.* 2012;7(4):274-283.
- Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani HA, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012; 380(9859):2224-60.
- World Health Organization. WHO Child Growth Standards SAS igrowup package. Available from: http://www.who.int/childgrowth/software/readme_sas.pdf?ua=1. Accessed May 24, 2016.
- Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes.* 2012;7(4):284-294.
- Fernández JR, Redden DT, Pietrobelli A, Allison DB. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of African-American, European-American, and Mexican-American children and adolescents. *J Pediatr.* 2004;145(4):439-444.
- Abril V, Manuel-y-keenoy B, Solà R, García JL, Nessier C, Rojas R, et al. Prevalence of overweight and obesity among 6-to 9-year-old school children in Cuenca, Ecuador: relationship with physical activity, poverty, and eating habits. *Food Nutr Bull.* 2013;34(4):388-401.
- World Health Organization. Promoting fruit and vegetable consumption around the world. Available from: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/>. Accessed May 24, 2016.
- Baya Botti A, Pérez-Cueto FJA, Vasquez Monllor PA, Kolsteren PW. International BMI-for-age references underestimate thinness and overestimate overweight and obesity in Bolivian adolescents. *Nutr Hosp.* 2010;25(3):428-436.
- Raj M, Sundaram KR, Paul M, Sudhakar A, Kumar RK. Dynamics of growth and weight transitions in a pediatric cohort from India. *Nutr J.* 2009;8:55.
- Omigbodun OO, Adediran KI, Akinyemi JO, Omigbodun AO, Adedokun BO, Esan O. Gender and rural-urban differences in the nutritional status of in-school adolescents in south-western Nigeria. *J Biosoc Sci.* 2010;42(5):653-676.
- Gupta N, Goel K, Shah P, Misra A. Childhood obesity in developing countries: epidemiology, determinants, and prevention. *Endocr Rev.* 2012;33(1):48-70.
- Andrade S, Ochoa-Avilés A, Lachat C, Escobar P, Verstraeten R, Van Camp J, et al. Physical fitness among urban and rural Ecuadorian adolescents and its association with blood lipids: a cross sectional study. *BMC Pediatr.* 2014;14:106.

16. Verstraeten R, Lachat C, Ochoa-Avilés A, Hags-trömer M, Huybregts L, Andrade S, et al. Predictors of validity and reliability of a physical activity record in adolescents. *BMC Public Health*. 2013;13:1109.
17. Lachat CK, Verstraeten R, Khanh LNB, Hags-trömer M, Khan NC, Van NDA, et al. Validity of two physical activity questionnaires (IPAQ and PAQA) for Vietnamese adolescents in rural and urban areas. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008;5:37.
18. Drewnowski A, Darmon N, Briend A. Replacing Fats and Sweets With Vegetables and Fruits—A Question of Cost. *Am J Public Health*. 2004;94(9):1555-1559.
19. Ball K, Lamb KE, Costa C, Cutumisu N, Ellaway A, Kamphuis CBM, et al. Neighbourhood socioeconomic disadvantage and fruit and vegetable consumption: a seven countries comparison. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2015;12:68.
20. Lock K, Pomerleau J, Causer L, Altmann DR, McKee M. The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: implications for the global strategy on diet. *Bull World Health Organ*. 2005;83(2):100-108.
21. Erinosho TO, Moser RP, Oh AY, Nebeling LC, Yaroch AL. Awareness of the Fruits and Veggies-More Matters campaign, knowledge of the fruit and vegetable recommendation, and fruit and vegetable intake of adults in the 2007 Food Attitudes and Behaviors (FAB) Survey. *Appetite*. 2012; 59(1):155-160.

Recibido: 06-02-2016
Aceptado: 28-05-2016

Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma

Alfredo Vázquez-Ovando, Isidro Ovando-Medina, Lourdes Adriano-Anaya,
David Betancur-Ancona, Miguel Salvador-Figueroa

Instituto de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México.
Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.

RESUMEN: El sabor y aroma de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) fueron las principales razones que promovieron su domesticación y uso alimentario por los pueblos precolombinos de Mesoamérica. Incluso hoy día, la calidad sensorial determina la clasificación entre cacaos finos y a granel. Muchos compuestos químicos de las almendras son responsables de la calidad sensorial, pero sobresalen los polifenoles y los alcaloides, compuestos que de manera directa inciden en el sabor y palatabilidad de las almendras y de manera indirecta sobre los precursores de aroma. Los alcaloides están asociados con el amargor. Su concentración está relacionada con la variedad y se modifica con el procesamiento. Los polifenoles son responsables, junto con otras moléculas de la astringencia (poco deseable en chocolates), pero también de propiedades antioxidantes deseables por los consumidores. En esta revisión se abordan aspectos de la biosíntesis de estas importantes moléculas en las almendras de cacao, de las implicaciones en el sabor y aroma, así como los cambios que ocurren durante el procesamiento de las mismas.

Palabras clave: *Theobroma cacao*; alcaloides; metilxantinas; antioxidantes; fermentación.

SUMMARY: Cacao alkaloids and polyphenols: Mechanisms that regulate their biosynthesis and its implications on the taste and aroma The flavor and aroma of cacao (*Theobroma cacao*) beans were the main reasons that promoted its domestication and food-use by pre-Columbian peoples of Mesoamerica. Polyphenols and alkaloids are compounds that directly affect the flavor of the cocoa beans and indirectly on the flavor precursors. The alkaloids are associated with bitterness; its concentration is related to the cultivar and its modifying through the processing. Polyphenols molecules are responsible together with other molecules of the astringency (not desirable in chocolate), but also are responsible for antioxidant properties, very desirable by consumers. This review focuses on aspects of the biosynthesis of these important molecules in cocoa beans as well as implications in taste and flavor. The changes of these molecules that occur during processing are also approached.

Key words: *Theobroma cacao*; alkaloids; methylxanthines; antioxidants; fermentation.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de reproducción preferentemente alógama, con número cromosómico $2n = 20$ (1), de la familia Malvaceae, cultivada en las regiones tropicales del mundo y de cuyos frutos se obtienen almendras que son empleadas en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. En el año 2012, a nivel mundial se produjeron poco más de 5 000 000 de toneladas de granos secos, lo que representó un ingreso superior a los 4 000 millones de dólares (2). La industrialización de los granos, y

la producción de derivados del cacao, ha reportado históricamente dividendos por más de 73 000 millones de dólares (3).

En el neotrópico, la importancia y demanda de los granos de cacao, data de tiempos precolombinos. Aunque se ha documentado ampliamente que el cacao es originario de la Cuenca Amazónica y a partir de ahí se dispersó por Centro y Sudamérica, existen vestigios de su domesticación y uso con fines comestibles, hacia los años 1600 – 1200 a.C. por los Mokaya, pobladores asentados en el sitio conocido como Paso de Amada en

Soconusco, Chiapas; México (4) y los Olmecas de la región de San Lorenzo, Veracruz; México (5). A la llegada de los españoles a América, se documentó ampliamente el uso del cacao como moneda entre los nativos, mostrando la importancia social y económica que ostentaba este cultivo. Paralelo al empleo como moneda, los Aztecas, habitantes de la región central de lo que hoy es México, destinaban su consumo sólo a las clases sociales de mayor estatus y en eventos religiosos, pues era sinónimo de poder y de divinidad. A la fecha se sabe que el cacao se consumía como restaurador del estado de ánimo, como energético, como estimulante de la libido y de la digestión. Con fines medicinales o curativos se documentaron hasta 150 usos diferentes (6), además de era empleado en eventos ceremoniales fúnebres de dignatarios (7).

Posterior a la época de colonización de América, el cacao se extendió hacia las regiones tropicales de África y Asia, donde actualmente se produce más del 80% del cacao mundial y del que los corporativos mundiales obtienen igual porcentaje de materia prima para producir la gran cantidad de productos derivados como la cocoa en polvo, chocolates, confites, cosméticos y medicamentos. La continuada popularidad del cacao se debe tanto a los factores intrínsecos de las almendras como a los productos que posteriormente se obtuvieron a partir de ellas: chocolate, cocoa y “manteca” de cacao. La manteca de cacao llega a comprender hasta el 56% del peso seco de la almendra y su composición, evaluada como la relación ácidos grasos saturados: insaturados (promedio de 1 : 0.60) permite obtener una grasa sólida a 25 °C, con punto de fusión entre 33 - 37 °C (8) lo que confiere a los productos la capacidad de derretirse al estar en contacto con el cuerpo humano, característica altamente apreciada en los chocolates y en productos farmacéuticos.

Se puede inferir que los pueblos mesoamericanos que domesticaron el cacao, hace casi 4000 años, basaron sus criterios de selección en aspectos relacionados con el sabor y el aroma tanto del

fruto como de las almendras, criterios empíricos que en la actualidad se siguen empleando para calificar la “calidad” de las almendras comercializables y para obtener nuevos individuos (plantas) productores de cacaos finos.

Las almendras de cacao son ricas en polifenoles (aproximadamente 15% de peso seco) y alcaloides (hasta 4%) y éstos contribuyen con el sabor y aroma del cacao. Los polifenoles confieren sensación de amargor y astringencia y contribuyen a los olores a verde y afrutado de las almendras, mientras que los alcaloides confieren amargor y están involucrados en la palatabilidad de los alimentos que los contienen (9). La cantidad y proporción de estos grupos de moléculas pueden variar en las almendras por aspectos genéticos y ambientales, por lo que el conocimiento en su biosíntesis puede impactar en el diseño a nivel biotecnológico (regulación de la expresión de genes) o modificando las condiciones que afectan esas rutas de biosíntesis y con ello producir cacaos con características más deseables por el consumidor o la industria.

Por lo anterior, en esta revisión se aborda el papel de los alcaloides, particularmente metilxantinas y de los compuestos fenólicos en el sabor y aroma del cacao, la principal ruta biosintética de dichas moléculas, así como los cambios que dichas moléculas tienen durante el procesamiento de las almendras.

Factores que la afectan la calidad del cacao

Un ejemplo típico de la composición proximal de almendras de cacao de diferente origen y variedad puede verse en la Tabla 1. Con estos datos puede verse que la composición es resultado de la interacción de factores genéticos, ambientales y de manejo es, sin lugar a dudas, una característica que ha contribuido a la popularidad del cacao ya que influyen tanto en las características sensoriales del producto, junto a moléculas igualmente importantes como los alcaloides y los compuestos fenólicos. Estos últimos, actualmente tienen gran importancia, pues contribuyen a la capacidad antioxidante total del cacao y sus derivados (Figura 1).

TABLE 1. Composición proximal de almendras de cacao de diferentes variedades y regiones geográficas (g/100 g).

Parámetro	Variedad de cacao		
	cv. Criollo*	cv. Criollo OC63**	cv. MAR 4***
Humedad	52,5	4,62	6,37
Proteína	7,88	19,15	14,0
Grasa	23,92	56,37	56,0
Fibra cruda	3,13	4,23	0,37
Cenizas	2,07	5,24	3,32
Carbohidratos	10,5	10,39	19,94

*Resultados expresados en base húmeda, realizados con almendras frescas de cacao proveniente del sureste de México (12). **Resultados expresados en base seca, realizados con almendras provenientes de Venezuela (8). ***Resultados en base seca, realizados con almendras provenientes de la región de Cuyagua, Venezuela (89).

Otro factor determinante en la calidad del cacao, es el procesamiento al que son sometidos, primero los frutos (principalmente tiempo de almacenamiento) y posteriormente las almendras, ya que se ha demostrado el efecto que puede ejercer el procesamiento poscosecha (10, 11), principalmente la fermentación, el secado y tostado de las almendras que promoverán la transformación, disminución o síntesis de moléculas que han de contribuir con las características sensoriales y que determinan la calidad o defectos en los cacaos.

Alcaloides del cacao

La teobromina (3,7-dihidro-3,7-dimetil-1H-purina-2,6-diona), el principal alcaloide-purina

que se encuentra en los productos de los árboles de cacao, sus semillas y cáscaras, pertenece a una clase de moléculas alcaloides conocidas como metil-xantinas, las cuales se producen de forma natural hasta en 60 diferentes especies de plantas y también incluyen a la cafeína (la principal metil-xantina del café) y teofilina (la principal metil-xantina del té). Los cotiledones de almendras maduras contienen entre 2,2 y 2,7% del peso en base seca de teobromina para la variedad Forastero y hasta 1,5 % en la variedad Criollo. La segunda

metil xantina importante por su contenido es la cafeína, cuyos valores se reportan desde 0,1 hasta 0,8%, siendo más elevado su contenido en almendras de la variedad Criollo respecto a las variedades Forastero y Trinitario (12). Otros alcaloides reportados para cacao o específicamente para el género *Theobroma* pero en concentraciones más bajas son la teofilina con 0,3 % (12) y menos de 0,5% de teacrina (13) (Figura 2).

Sobre la función que desempeñan los alcaloides en los tejidos vegetales (hojas, frutos, almendras), existen diferentes teorías. La más sólida, argumenta que su acumulación implica un rol biológico como químicos de defensa, ya que fungen como antiherbívoros y como compuestos

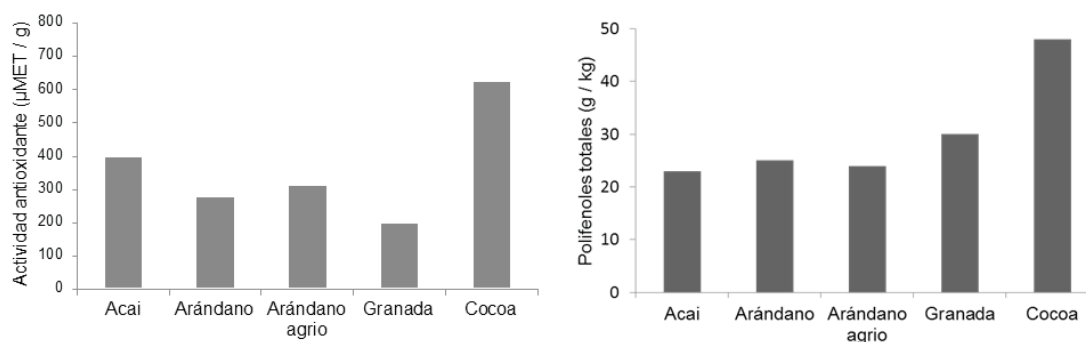


FIGURA 1. Actividad antioxidante evaluada por el método ORAC (IZQ) y contenido de polifenoles totales (DER), en polvo de cacao (cocoa) comparado con polvo de otras frutas (41).

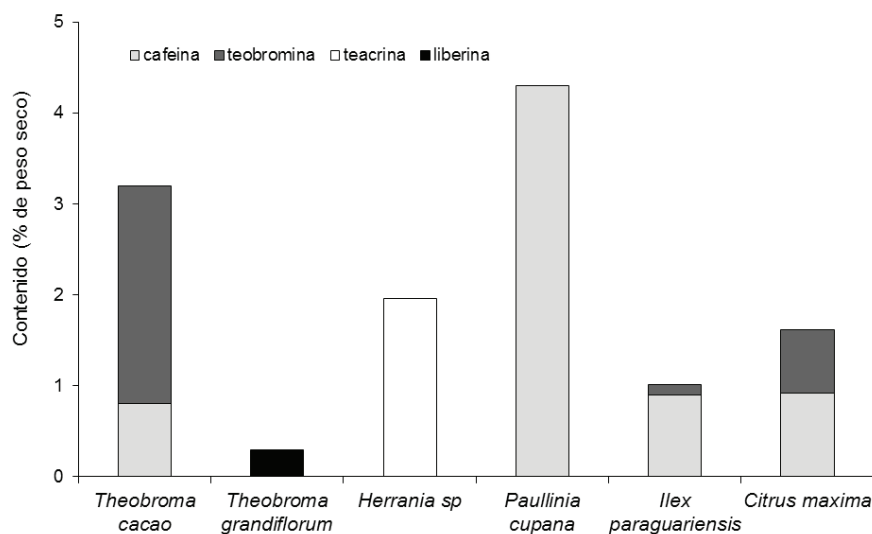


FIGURA 2. Contenido de alcaloides – purina en almendras de cacao (promedio para nueve muestras de las tres variedades provenientes de Brasil) comparado con otras fuentes (13, 90).

alelopáticos (14,15); esto, al igual que lo ocurre con los polifenoles, es de suma importancia pues la planta de cacao está continuamente expuesta al ataque de diversos hongos que producen mancha negra, moniliasis, escoba de bruja entre otros problemas fitosanitarios. También se ha propuesto que su presencia en los tejidos, responde a productos de desecho o almacenamiento del nitrógeno sobrante, como una equivalencia a la del ácido úrico o de la urea en los animales o bien como reguladores del crecimiento, ya que se ha reportado su contenido incrementado en almendras en estado de germinación, sobre todo con deficiencia de nutrimentos (16).

Desde la perspectiva del consumo, las almendras de cacao deben su sabor amargo en mayor medida a los alcaloides presentes, que no exclusivamente, ya que se ha comprobado (17), que otras moléculas de naturaleza diferente a alcaloides (dicetopiperazinas, L-aminoácidos libres o péptidos) contribuyen a la percepción de amargor, o que pueden generar confusión en la percepción entre amargo-astringente (taninos de bajo peso molecular como epicatequina, catequina, procianidinas). Es indudable que algunas característi-

cas de los alcaloides como estimulantes del sistema nervioso, y otros efectos farmacológicos que se les atribuyen, fueron seguramente responsables de muchas de los usos que se dio al cacao (o derivados de éste), antes incluso de conocer su composición (18).

El contenido de estos alcaloides durante las fases del procesamiento primario se ve disminuido dando a los productos tostados el balance adecuado de amargor deseable en cacaos fi-

nos. Con los datos antes presentados, puede notarse como los cacaos Criollos resultan ser menos amargos como resultado del mayor contenido de cafeína, pero sustancialmente menor contenido de teobromina que resulta a la precepción de un consumidor hasta once veces más amargo que la misma cafeína (17).

Algunas versiones sugieren que la relación teobromina / cafeína en almendras de cacao, puede resultar un indicio de la “fineza” del cacao, toda vez que los cacaos Forasteros o “a granel” presentan valores de esta relación por arriba de 4, pudiendo superar el valor 10, mientras que los cacaos Criollos debieran reportar valores inferiores a 4; tal como se reporta (12), con valores en esta relación de 11,2 y 1,6, para cacaos fermentados Forastero y Criollo, respectivamente.

Biosíntesis de las metil xantinas

Aunque la cafeína, que es la principal metil xantina estudiada, fue conocida desde los años 1800’s no fue sino hasta el año 2000, cuando se elucidó completamente la ruta de su biosíntesis (19). Basado en esto, se estableció que las metilxantinas, derivan de nucleótidos de purina los

cuales son compuestos importantes para el metabolismo energético y como elementos esenciales para la biosíntesis de ácidos nucleicos (20,21). Se sintetizan en las plantas tanto por la vía de novo como por la vía de salvamento de purinas. La vía de novo que produce nucleótidos de purina a partir de moléculas precursoras más pequeñas, tales como los aminoácidos y CO₂, es conservada, pero la vía de salvamento difiere entre especies (22).

La biosíntesis de teobromina a partir de las purinas se ha estudiado mucho menos comparada con la biosíntesis de cafeína en café y otros cultivos. La teobromina, al igual que en cacao resulta ser el alcaloide predominante en plantas como *Camellia ptilophylla* (23) y *Camellia irrawadiensis* (24) aunque se ha reportado no se produce en todas las especies del genero *Theobroma* y relacionados de la misma familia como se puede comprobar en la Figura 2.

La síntesis de cafeína (Figura 3), con teobromina como intermediario, está catalizada predominantemente por la enzima cafeína sintasa bifuncional y fue purificada originalmente a partir de hojas de té (25). Esta enzima es monomérica, con una masa molecular aparente de 41 kDa, y muestra un pH óptimo de pH 8,5. La longitud total del ADNc aislado, denominado TCS1 (AB031280), es 1 438 pb y codifica una proteína de 369 aminoácidos (26).

En café, la cafeína sintasa bifuncional ha sido parcialmente purificada a partir de frutas y hojas (27). Esta preparación enzimática poseía actividad N-metil-transferasa asociado con los últimos pasos de biosíntesis de cafeína, y ya se han reportado los genes que codifican para los tipos de N-metil-transferasa implicadas en los mismos dos últimos pasos (28-30). Estos son CTS1 (AB034700), CaMXMT1 (AB048796), CCS1 (AB086414) y CaDXMT1 (AB084125).

A diferencia de lo ocurre en café, en cacao y otras especies de *Camellia*, la teobromina es el alcaloide principal, lo que puede ser explicado porque la enzima cafeína sintasa posee actividad de metilación en 3-N pero no en 1-N. Ensayos realizados en este sentido, muestra que extractos de *C. ptilophylla* se ha demostrado que pueden metilar 7-metilxantina, pero no las dimetilxantinas, teobromina, teofilina paraxantina (23). Un gen homólogo (BTS1) para la cafeína sintasa fue clonado a partir de *Theobroma cacao* por RT-PCR. Plásmidos de expresión para BTS1 se construyeron en el vector pET23d y BTS1 recombinantes fueron producidos en *E. coli* BL21 (BL21). Cuando un lisado bacteriano se incubó con una variedad de derivados de xantina en la

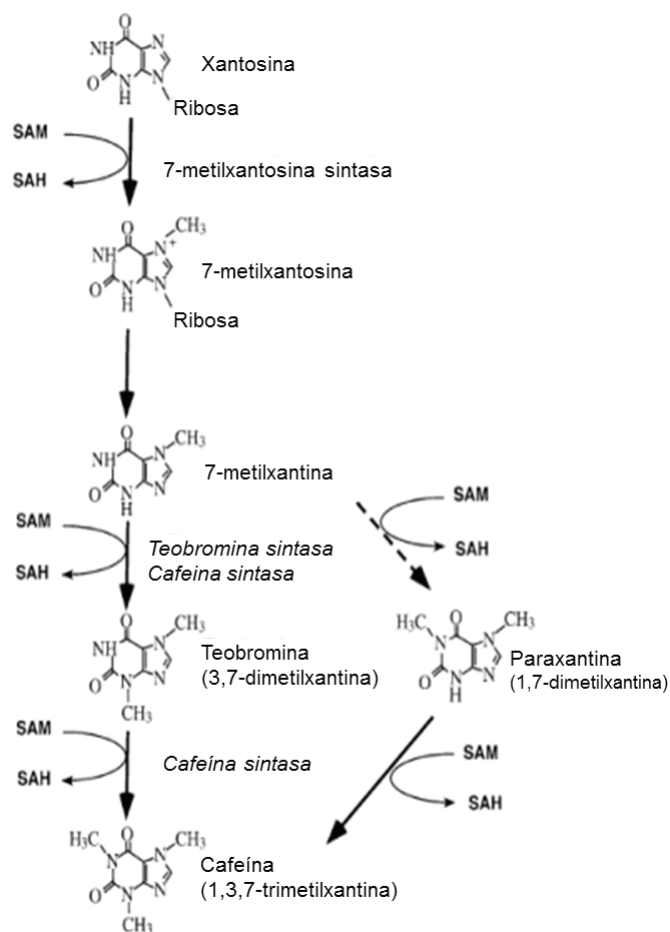


FIGURA 3. Vía de síntesis de alcaloides en plantas (91).

presencia de [metil-14C] SAM, BTS1 catalizó la 3-N-metilación de 7-metilxantina, lo que sugiere que BTS1 era teobromina sintasa. La acumulación de alcaloides de purina es por lo tanto, dependiente de especificidad por el sustrato de la N-metil-transferasa (30).

Polifenoles del cacao

Los principales compuestos fenólicos presentes en las almendras de cacao se localizan en tres grupos, las catequinas o flavan 3-ol que representan el 37% del total; las antocianinas con cerca del 4% y las proantocianidinas con el 58% (31). Del primer grupo, la epicatequina es casi la única molécula que compone el grupo (cerca del 98% del total de catequinas), aunque las proantocianinidinas sean el principal componente fenólico en almendras de cacao (32). Los compuestos fenólicos o polifenoles pertenecen a un amplio grupo de sustancias químicas, considerados no esenciales para la supervivencia de las plantas (metabolitos secundarios), pero que poseen gran cantidad de actividades, tanto como estructuras químicas (33), ya que comprende más de 8 000 compuestos distintos identificados. Constituyen uno de los grupos de productos más numerosos y ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Por citar solo algunos ejemplos, los polifenoles incluyen flavonoides, elagitaninos, cumarinas, furanocumarinas, estilbenos, ligninas y lignanos. Un grupo muy importante y sobre el que se ha estudiado ampliamente son los flavonoides, los cuales tienen diversas funciones en la bioquímica, fisiología y ecología de las plantas (34). Constituyen los pigmentos en flores frutos, contribuyen a la tolerancia al estrés biótico y abiótico, defensa contra radiación UV dañina y tienen papel en la fertilidad del polen (35,36).

Químicamente, los compuestos fenólicos son sustancias químicas que poseen un anillo aromático, un anillo benceno, con uno o más grupos hidróxidos incluyendo derivados funcionales como los ésteres, metil ésteres, glicósidos, etc. (33). La naturaleza de los polifenoles varía desde mo-

léculas simples como los ácidos fenólicos hasta compuestos altamente polimerizados, como la lignina o los taninos. Se pueden encontrar en los tejidos vegetales en forma conjugada con uno o más residuos de azúcar unidos al grupo hidroxilo, aunque en algunos casos se pueden producir uniones directas entre una molécula de azúcar y un C aromático. Por ello la forma más común de encontrarlos en la naturaleza es en forma de glucósidos, siendo solubles en agua y solventes orgánicos (37). Los azúcares asociados a los polifenoles pueden ser monosacáridos, disacáridos o incluso oligosacáridos. Los compuestos a los que se encuentran unidos con más frecuencia son: glucosa, galactosa, arabinosa, ramnosa, xilosa, y ácidos glucurónico y galacturónico. También pueden encontrarse unidos a ácidos carboxílicos, ácidos orgánicos, aminas, lípidos y a otros compuestos fenólicos (38).

En las últimas tres décadas, se han multiplicado exponencialmente los reportes que atribuyen a los compuestos fenólicos incorporados en la dieta, efectos benéficos para la salud humana y animal, bien como antioxidantes, antitumorales, antiinflamatorios y antiaterosclerosis (39). La estructura polifenólica de flavonoides por ejemplo, resulta ideal para la actividad secuestrante de radicales libres, además han demostrado ser varias veces más eficaces como antioxidantes que por ejemplo las vitaminas E y C (40), empleados convencionalmente como los más potentes antioxidantes naturales.

Por otra parte, los compuestos fenólicos están relacionados con la calidad sensorial de los alimentos de origen vegetal. Su contribución a la pigmentación de los alimentos vegetales está claramente reconocida, por ejemplo, las antocianidinas, son responsables de los colores rojo, azul, violeta, naranja y púrpura de muchos frutos clasificados incluso como “superfrutos” por su notable actividad antioxidante (41) y que, en cacao se ha demostrado el contenido de polifenoles y potencial antioxidante es superior (Figura 1). Así

también, los compuestos fenólicos, particularmente los taninos condensados o proantocianidinas se asocian con la astringencia que presentan muchos frutos, como lo es el cacao al momento de ser cosechado.

Las células llamadas de almacenamiento de polifenoles o células de pigmentos de los cotiledones, en cacao van de color blanco a violeta oscuro, dependiendo de la cantidad de antocianinas presentes. La degradación de las antocianinas, que ocurre principalmente durante la fermentación, explica el blanqueo del color púrpura de los cotiledones. Los polifenoles que se conservan en los cotiledones, son transformados mediante oxidación hacia quinonas, mediado por las Polifenol-Oxidases (PPO), que como antes se dijo reduce el contenido de polifenoles (astringencia) y permite el desarrollo de color marrón.

Biosíntesis de los compuestos fenólicos

Los polifenoles son productos de la ruta de los fenilpropanoides, sintetizados por la vía de shikimato, al igual que los compuestos fenólicos más simples, tales como ácido gálico y ácido cinámico. La biosíntesis de polifenoles complejos como los flavonoides está relacionada con el metabolismo primario a través de productos intermediarios derivados de plástidos y mitocondria, siendo exportados en forma individual al citoplasma donde se incorporan en forma separada. Los flavonoides tienen un esqueleto carbonado base C6-C3-C6, donde los dos C6 (llamados anillos A y B, respectivamente) son de naturaleza fenólica y el C3 llamado anillo cromano. El anillo aromático B y el anillo cromano se originan a partir del aminoácido fenilalanina (Figura 4), siendo

por sí mismos producto de la vía de shikimato, mientras que el anillo A, a partir de tres unidades de malonil-CoA (42,43). Estas tres unidades de malonil-CoA se añaden a través de sucesivas reacciones de descarboxilación de condensación, que inicia la biosíntesis de flavonoides. La feni-

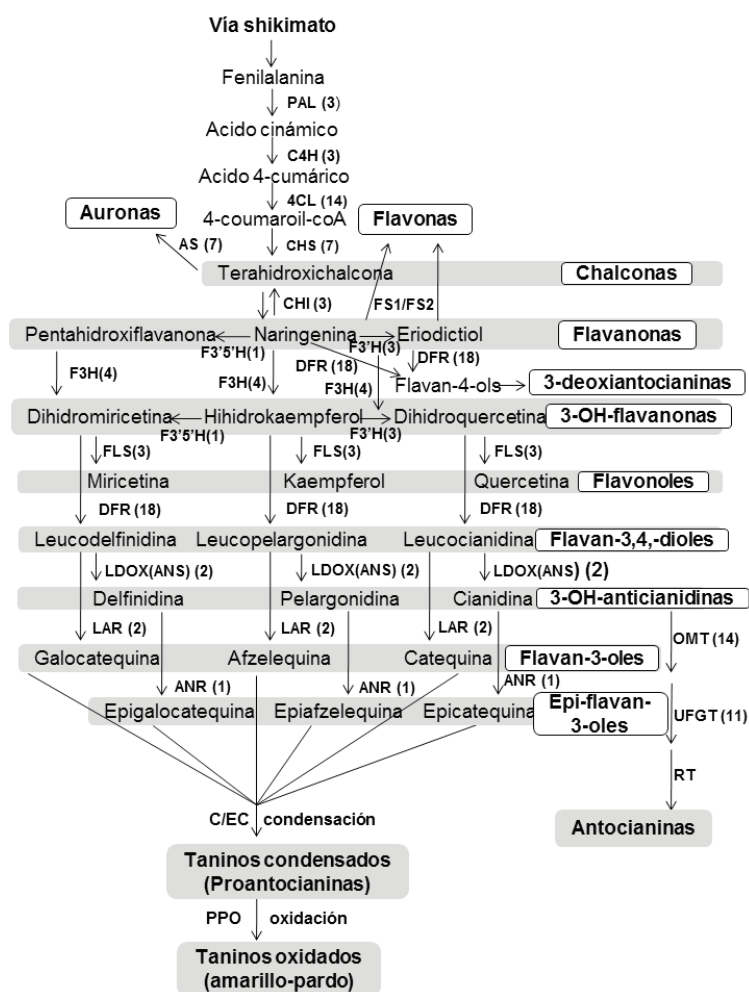


Figura 4. Ruta metabólica de la biosíntesis de flavonoides (49). El número de copias de genes ortólogos a cada enzima localizados en el genoma de *Theobroma cacao* se indican entre paréntesis. PAL: fenilalanina amonioliasa, C4H: cinamato 4-hidroxilasa, 4CL: 4-cumarato-CoA ligasa, CHS: chalcona sintasa, AS: auresidina sintasa, CHI: chalcona isomerasa, FS1/FS2: flavona sintasa (número de copias no determinado en cacao), F3H: flavanona 3 hidroxilasa, F3'H: flavonoide 3'-hidroxilasa, F3'5'H: flavonoide 3'5'-hidroxilasa, FLS: flavonol sintasa, DFR: dihidroflavonol 4-reductasa, LDOX (ANS): leucoantocianidina dioxigenasa, LAR: leucoantocianidina reductasa, ANR: antocianidina reductasa, OMT: O-metiltransferasa, UFGT: UDP-glucosa:flavonoid 3-O-glucosiltransferasa, RT: ramosil transferasa (número de copias no determinado en cacao), PPO: polifenol oxidasa. C: catequina, EC: epicatequina.

lalanina amonio liasa (PAL, por su nombre en inglés phenylalanine ammonia lyase) es una enzima clave de la vía fenilpropanoide que cataliza la conversión de la fenilalanina en ácido cinámico (C6-C3). Posteriormente, el intermediario final 4-cumaril-CoA y tres moléculas de malonil-CoA se condensan para dar la primera estructura flavonoide, chalcona naringenina por acción de la enzima chalcona sintasa (CHS). La chalcona es isomerizada por la chalcona flavona isomerasa (CHI) a una flavanona. La flavanona es un intermediario fundamental, porque es básicamente de donde todas las clases de flavonoides (subgrupos incluidos), se ramifican (43).

Se han reportado, los mecanismos que controlan la biosíntesis de flavonoides en diferentes tejidos. En almendras en germinación de *Arabidopsis*, se ha reportado que los niveles de ARNm que codifican a las enzimas PAL1, CHS, CHI y dihidroflavanol reductasa (DFR) se mantienen en estado estacionario en plántulas crecidas en luz blanca. En plantas cultivadas en oscuridad, solamente la enzima PAL mantiene niveles altos de ARNm. Al inducir la expresión de las enzimas se puede ver que, siguen el mismo orden que las etapas de biosíntesis de los flavonoides. Además se ha comprobado que los genes de biosíntesis de flavonoides son inducidos por la luz UV-B y por la luz azul, sugiriendo la presencia de un receptor específico para ésta última (44).

Es así que los isoflavonoides principalmente, tienen efecto protector contra la radiación UV, en cuyos niveles elevados se induce la acumulación (45). También se ha sugerido que los isoflavonoides pueden actuar como quimio-atrayentes de organismos fijadores de nitrógeno, ya que se ha comprobado que los niveles bajos de nitrógeno incrementan la concentración de éstas moléculas (46).

Muchos factores pueden inducir la acumulación de compuestos de naturaleza fenólica. Los flavonoles por ejemplo se acumulan en respuesta al ataque de patógenos, en el sitio de la infección

suelen encontrarse en concentraciones que resultan tóxicas al patógeno (47); del mismo modo el kaempferol, se acumula en lesiones causadas por herbívoros, siendo tóxico para éstos (48) y también se acumula durante el desarrollo del polen sugiriendo efecto aseptizante (47). Las flavonas y antocianinas se acumulan en respuesta a exposición intensa a la luz, actuando como fotoprotectores, reduciendo la cantidad de luz que llega a los sistemas fotosintéticos (45).

Mediante análisis comparativo, se han identificado 96 genes ortólogos a *Arabidopsis thaliana* que están implicados en la ruta biosintética de los flavonoides, los cuales pueden revisarse a detalle en (49). Son 60 genes más que en *Arabidopsis*, y de los cuales se ha evaluado en tabaco son genes funcionales. Algo importante de notar es el elevado número de genes ortólogos a dihidroflavon-4-reductasa (DFR), mientras que para *Arabidopsis* solo se encuentra uno, en cacao se encontraron 18. Los DFR catalizan la reacción que produce los flavan-3, 4-dioles, quienes son los precursores inmediatos de los flavonoides catequina y epicatequina; lo que explicaría la acumulación de estos compuestos fenólicos de entre 8-12% de peso seco de las almendras desgrasadas y que coloca como ya antes se apuntó al cacao como una de las fuentes más ricas conocidas de este fitonutriente (49,50).

Aroma y sabor del cacao, efecto del procesamiento poscosecha

Además de las características reológicas de la pasta de cacao (obtenida de la molienda de las almendras secas y tostadas), o de las propiedades físicas de la manteca de cacao (extraída por prensado, disolventes u otro método), el aroma y sabor de las almendras y de los derivados de éstas (particularmente el chocolate), son las principales razones de la popularidad del cacao. A su vez, el aroma y sabor está en función de la presencia y/o ausencia de diversos compuestos (51). Algunos autores (11,52) han realizado esfuerzos para relacionar la presencia de algunos compuestos tanto

con la calidad sensorial como con la ausencia de aroma y/o sabor característico de las almendras. En este sentido, se ha indicado que los ácidos isobutírico, isovalérico y propiónico pueden fungir tanto como indicadores de calidad deficiente o aromas no deseables en un cacao (rancio, astringente, acidez extrema, aroma a queso o a jamón) que puede a su vez ser el resultado de tiempos prolongados en los procesos de fermentación (11). Así mismo, algunos alcoholes producidos durante la fermentación (comentadas más adelante) también son empleados como indicadores de calidad (53), o los ácidos orgánicos (principalmente acético) son indicadores de la acidificación de las almendras y consecuentemente de su calidad. En este sentido se pueden revisar reportes más completos para ver la contribución de compuestos volátiles y no volátiles y su implicación en la calidad sensorial.

Sin embargo, existen moléculas no volátiles como los polifenoles y los alcaloides que de manera directa participan en el sabor de las almendras y de manera indirecta como precursores de moléculas que participan en el olor. Los polifenoles están implicados tanto en la astringencia de las almendras como en la intensidad de aromas a cacao, verde, afrutado. Por su parte, los alcaloides, específicamente la teobromina, la cafeína y la teofilina, son los principales responsables del sabor amargo de las almendras y de la palatabilidad de los productos elaborados a partir de las almendras. La concentración de estos compuestos, está influenciada por el procesamiento de las almendras (52,54).

De lo anterior, es importante hacer notar que, el sabor y aroma de las almendras producidas por el árbol del cacaotero, o correctamente expresado, sus precursores son el resultado de varios factores. El más determinante es el origen genético, pues se ha documentado que de las variedades diferenciadas en hasta diez grupos genéticos usando marcadores moleculares microsatélites, se pueden obtener cacaos con variabilidad en la calidad sensorial (55); sobre todo entre cacaos del grupo genético

Criollo (independientemente de su origen geográfico) y los otros grupos genéticos (56). Otro factor determinante es el ambiente donde se desarrollan los árboles, dado por las condiciones edafo-climáticas y la vegetación asociada a los árboles, que se ha comprobado influyen en los aromas y sabores que habrán de desarrollar las almendras. Por ejemplo, se ha demostrado que la cantidad y composición de compuestos polifenólicos (también de metil xantinas) varía con la altitud a la que se encuentran las plantaciones debido posiblemente al diferencial de radiación UV-B que como antes se discutió influye de manera directa en la biosíntesis de polifenoles (57). Los demás factores, atribuibles al manejo pre y poscosecha son las prácticas culturales de manejo de la plantación, que en las plantaciones de América reviste de importancia por las plagas y enfermedades que aquejan a este cultivo (moniliasis, mancha negra, hormigas, ardillas), fertilización (sintética u orgánica), momento de cosecha, tiempo transcurrido entre la cosecha y el procesamiento de la mazorca, así como las atribuibles (igualmente importantes) al procesamiento de las mismas (58). La fermentación, secado y tostado de las almendras, se han reportado como los principales procesos poscosecha implicados en las características finales de sabor y aroma que habrán de poseer las almendras y consecuentemente los productos de ellas obtenidos como cocoa, chocolate, manteca de cacao (52,54).

Por la relevancia que tiene el procesamiento primario de los frutos y las almendras, y dado que existe un consenso en la comunidad científica acerca de que los principales cambios que ocurren a las almendras durante la fermentación, secado y tostado conlleva implicaciones que habrán de reflejarse en el sabor y aroma de las almendras, toda vez que se dice que un cacao que no es procesado de este modo, no puede desarrollar las características sensoriales deseables de un buen cacao, tendiendo a permanecer astringente y con características heterogéneas (59), resulta de interés ver de manera particular como cada proceso

poscosecha influye en la producción y/o transformación de biomoléculas.

Fermentación

Los frutos de cacao (mazorcas) son bayas con un espeso y duro exocarpio (cáscara) de entre 7 y 20 mm de grosor, la cual sirve de protección a las almendras dispuestas a lo largo de un eje embrionario, y envueltas por un fluido mucilaginoso, el cual dada su composición química actúa como medio de cultivo para que de manera espontánea se desarrollen una sucesión de microorganismos, que dan origen a la fermentación del mucílago y transformación de las todavía almendras por éste envuelto. Los principales componentes del mucílago o pulpa son agua (82-87 %) azúcares (10-15%), pentosanas (2-3 %), ácido cítrico (1-3 %), cuyo contenido determina el pH del mucílago (~3,6) y pectina (1-1,5 %) (60). Ésta última, responsable del aspecto mucilaginoso, aunque contribuyendo de manera importante se han reportado citratos, hemicelulosa y lignina (61). También se han reportado como componentes de la pulpa proteínas, aminoácidos, vitaminas, (principalmente vitamina C) y minerales, los cuales complementan los principales requerimientos de levaduras, bacterias ácido lácticas, ácido acéticas y otras que se han reportado participan de la fermentación (54).

La fermentación es un proceso que se lleva a cabo de manera espontánea, en un período generalmente de cuatro a seis días, en cajas, cestas, o en plataformas (62,63). Pese a que hay algunos informes del desarrollo e inoculación de cultivos iniciadores (66-66), el proceso se sigue dando de manera espontánea, al menos entre los pequeños productores. La primera etapa de la fermentación conlleva un aumento moderado de la temperatura a valores de entre 35 y 45 °C (56) que provoca la transformación de la pulpa mucilaginosa alrededor de los granos, la muerte del embrión y la aparición de metabolitos sensorialmente deseables (67).

Las profundas transformaciones que sufren tanto el mucílago como los granos, son el resul-

tado de la intensa proliferación y actividad microbiana que provocan cambios bioquímicos en el interior de las almendras y que, contribuyen a la reducción de amargor y astringencia; así mismo a la aparición de diferentes compuestos volátiles considerados como indicativos de la calidad del grano (11). A diferencia de otras materias primas fermentables, las enzimas endógenas de las almendras de cacao, al ser activadas juegan un papel fundamental en el desarrollo de moléculas asociadas con el sabor o precursoras del aroma. Estas enzimas, aunadas a la de los microorganismos endófitos de los frutos (aunque se reportan que son estériles) y a las de los que “contaminan” la pulpa, tienen actividad degradadora importante (68).

Durante la primera fase de la fermentación, el metabolismo de levaduras es favorecido por la acidez del medio (dado por el contenido de ácido cítrico), la riqueza en carbohidratos fermentables y el bajo contenido de oxígeno de la masa; estos microorganismos provocan la despectinización (depolymerización de la pectina) del medio, dando lugar a la aparición de alcoholes simples (principalmente etanol) que junto con el ácido cítrico, al permear a las almendras provocan la muerte del embrión (69).

Los metabolitos antes producidos, aunados a azúcares simples (sacarosa, glucosa y fructosa) optimizan el medio para la aparición de bacterias (tolerantes al etanol) ácido lácticas (BAL ó LAB) microaerofílicas y ácido acéticas (BAA) aerófilas, que promueven la degradación de azúcares y la oxidación (exotérmica) de etanol hasta ácidos láctico y acético, respectivamente, además de manitol (66), lo que conlleva a un ligero aumento en la acidez de la pulpa, y al permear a través de la testa de los cotiledones disminuye el pH interno (de 6,5 a 4,8), lo que como antes se citó, activa enzimas endógenas implicadas en la degradación de pigmentos tales como invertasas, glucosidasas, proteasas y polifenol oxidasas (68, 70).

Aunque existen algunos reportes recientes que sugieren que los cambios que ocurren en la fermentación de las almendras de cacao y que de-

terminan la aceptabilidad del producto final está dada casi exclusivamente por las levaduras (71, 72), es todavía innegable el importante papel que desempeñan las bacterias tanto ácido lácticas como ácido acéticas en la producción de metabolitos que imparten aromas muy particulares al cacao (73). En este sentido las investigaciones posteriores serán muy importantes.

Un aspecto adicional importante en el proceso de fermentación y consecuentemente en el desarrollo de sabor y aroma, son los manejos técnicos o tecnológicos que habrán de tenerse para lograr la correcta sucesión de microorganismos. El tamaño del fermento (pila, caja, etc.) se ha propuesto como un factor importante, ya que puede regular en gran medida la temperatura de la masa y junto con el mezclado y volteado constante (diariamente o hasta dos veces al día) durante los días que dura el proceso resultan medulares para evitar el desarrollo de hongos no deseados (74), o la desaparición abrupta de mesófilos deseables en la aparición de moléculas de interés por la falta de aireación o el aumento de la temperatura (75). Una revisión más detallada del proceso de fermentación puede ser consultada en Schnaw y Wheals (54).

En suma, los principales cambios que se asocian con la fermentación pueden ser agrupados en función de la ruta metabólica que habrá de seguir, para estar presentes en las almendras fermentadas:

1. Degradación o transformación: proteínas de almacenamiento (mayoritariamente globulinas) por acción de endo – aspartato-proteasas y carboxipeptidasas, sacarosa (por acción de endo-invertasas), glucósidos (antocianinas), epicatequina y antocianidinas (que son oxidadas por acción de las polifenol oxidasas y transformados en quinonas), quinonas que forman complejos con otros polifenoles, proteínas o péptidos.
2. Formación, básicamente a expensas de otros metabolitos degradados o acompleja-

dos: glucosa y fructosa (a partir de sacarosa), aminoácidos libres (tanto hidrofílicos como hidrófobos), oligopéptidos, alcoholes (etanol), taninos condensados (a partir de polifenoles), antocianidinas (degradación de antocianinas), galactosa, arabinosa, quinonas, ácidos orgánicos (principalmente acético y láctico).

3. Disminución: principalmente por difusión de las células de almacenamiento promovida durante el tiempo de fermentación y que se ha reportado reduce hasta el 30% del total de alcaloides y hasta 20% de polifenoles totales (taninos como las proantocianidinas y flavonoides como la flavan 3-ol).

Estos cambios, generan un amplio número de moléculas agrupadas en familias, de las que sobresalen los ésteres, alcoholes y ácidos (76) que habrán de modificarse o aumentar su contenido con los tratamientos posteriores (Tabla 2) pero que desde esta etapa disminuyen la astringencia (disminución de polifenoles totales) y la tonalidad púrpura de las almendras (transformación y degradación de antocianinas), amargor (disminución de alcaloides) de las almendras, desarrollo de coloración marrón (presencia de quinonas). Incluso, algunos parámetros que se emplean a nivel industrial para evaluar el grado de fermentación son los contenidos de antocianinas y el color marrón.

Secado

Una vez completada la fermentación, la humedad de los granos que está por el 60% (77), debe reducirse hasta un nivel que garantice, por un lado que las almendras conservarán su testa, es decir no tan secos que se vuelva quebradiza, pero tampoco con humedad suficiente para permitir la proliferación de hongos que se desarrollan durante el almacenamiento y que pueden generar sabores desagradables o más riesgadamente, producir toxinas. Valores de humedad entre 6 y

TABLA 2. Distribución de las familias de moléculas y número de compuestos volátiles identificados en una muestra típica de cacao (76)

Familias	Cacao fresco	Cacao seco	Cacao tostado
Aldehídos	8	12	11
Alcoholes	15	13	13
Ácidos	14	14	12
Cetonas	9	13	13
Esteres	22	27	26
Hidrocarburos	3	7	3
Pirazinas	3	7	15
Misceláneos	3	5	3
Pirroles	1	4	4
Furanos	6	7	7
Azufres	1	1	2
Terpenos	3	4	3
Fenoles	4	6	6
Oxazoles	0	1	1
Total	92	121	119

8% son altamente deseables (78). Este proceso se lleva a cabo casi exclusivamente, y cuando las condiciones lo permiten, con secado solar. Cuando las condiciones ambientales son adversas, es decir lluvias por períodos prolongados, se recurre a secadores mecánicos, los más empleados son del tipo Samoa o estufas de aire forzado (79). El uso de uno u otro método se ha reportado, puede ejercer efecto sobre las características sensoriales del producto final, en este sentido se ha reportado (11, 80), que los contenidos de alcoholes, ésteres y pirazinas se ven aumentados durante el proceso de secado al sol, mientras que los de ácidos, aldehídos y cetonas disminuidos, lo cual coloca el secado al sol como el mejor método para obtener el máximo sabor (81). Además de los contenidos, las familias de compuestos también se ven modificadas tal como se aprecia en la Tabla 2. Es notorio que los grupos que se sugiere disminuyen en concentración durante el secado, no muestran aumento sustancial en el número de familias (ácidos). Estos cambios, pueden ser explicados debido a la continuidad de la fase oxidativa

que se inició en la fermentación, por lo que el secado juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acidez del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos mediado como antes se dijo por polifenol oxidadas (52,81).

Tostado

La última etapa del procesamiento primario de las almendras de cacao es el tostado, que cumple varias funciones físico - químico - sensoriales. Esta etapa ayuda a reblandecer y retirar la testa de las almendras, las vuelve más frágiles, como preparación a la molienda o prensado, pero sobretodo, desarrolla a partir de los precursores generados en la fermentación y secado, aún más el sabor del cacao o característico a chocolate.

Este proceso continúa promoviendo la disminución de la acidez, al reducir las concentraciones de ácidos volátiles como el ácido acético (82); aunque no la de otros ácidos no volátiles como el oxálico, cítrico, tartárico, succínico y láctico (83). Sin embargo, los principales cambios derivan de las reacciones de Maillard y Strecker, donde participan los aminoácidos libres, péptidos y azúcares reductores (84). La reacción de Maillard es una reacción de oscurecimiento no enzimática que requiere un aminoácido y un azúcar reductor, tal como glucosa o fructosa. Las condiciones ideales para la reacción de Maillard que se produzca son, temperatura elevada y bajo contenido de humedad, condiciones que se dan durante el tostado (85). La degradación de Strecker se produce cuando un carbonilo derivado de la reacción de Maillard, reacciona con otros aminoácidos libres del producto. Esto provoca la degradación de los aminoácidos a aldehídos, amoníaco y dióxido de carbono. Los aldehídos que se producen contribuyen al aroma. La degradación de Strecker de cada aminoácido específico, produce un aldehído único con un aroma único (85).

Se ha reportado que aminoácidos hidrofóbicos como la leucina, alanina, fenilalanina y tirosina, liberados durante la fermentación contribuyen de manera importante al unirse a fructosa y glucosa (reductores) que se producen por la hidrólisis de sacarosa (86-88).

CONCLUSIÓN

Los alcaloides y los compuestos polifenólicos presentes en las almendras de cacao participan en el aroma y sabor de las mismas y de los productos que de ellas se obtiene; son responsables de los gustos a amargo, astringente y en menor medida ácido así como los olores ácido, verde y afrutado, entre los principales. La biosíntesis de los polifenoles está regulada por la expresión de enzimas implicadas en la vía del shikimato, además su contenido en la planta y almendras de cacao parece responder a inductores ambientales, como la radiación UV-B, lesiones y ataque de patógenos. Los alcaloides por otra parte disminuyen su concentración en las almendras con la maduración del fruto y con el procesamiento poscosecha, y su biosíntesis es conservada por la síntesis de novo. A diferencia de lo que ocurre en la mayoría de plantas que contienen alcaloides y, debido a que la enzima cafeína sintasa implicada en la formación de teobromina no posee actividad metiladora en el N1, la teobromina resulta ser el principal alcaloide de las almendras de cacao, por lo que la regulación en la expresión de esta enzima parece ser el mecanismo más apropiado para manejar los contenidos de teobromina:cafeína en las almendras de cacao.

REFERENCIAS

- Dantas L, Guerra M. Chromatin differentiation between *Theobroma cacao* L. and *T. grandiflorum* Schum. *Genet Mol Biol*. 2010; 33: 94-98.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAOSTAT 2014. Estadísticas de Producción 2012.
- Ploetz R. Cacao diseases: important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology*. 2007; 97: 1634-1639.
- Powis T, Hurst W, Rodríguez M, Ortiz P, Blake M, Cheetham D, et al. The origins of cacao use in Mesoamerica. *Mexicon*. 2008; 30: 35-38.
- Powis T, Cyphers A, Gaikwad N, Grivetti L, Cheong K. Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2011; 108: 8595-8600.
- Dillinger T, Barriga P, Escárcega S, Jiménez M, Lowe D, Grivetti L. Food of the Gods: Cure for humanity? A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. *J Nutr*. 2000; 130: 2057S-2072S.
- Ramiro E, Franch A, Castellote C, Andres-Lacueva C. Effect of *Theobroma cacao* flavonoids on immune activation of a lymphoid cell line. *Br J Nutr*. 2005; 93: 859-866.
- Liendo R, Padilla F, Quintana A. Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food Res Int*. 1997; 30: 727-731.
- Aprotosoiaie A, Luca S, Miron A. Flavor chemistry of cocoa and cocoa products—an overview. *Compr Rev Food Sci F*. 2016; 15: 73-91.
- Afoakwa E, Quao J, Takrama J, Budu A, Saalia F. Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation. *J Food Sci Technol*. 2013; 50: 1097-1105.
- Rodríguez-Campos J, Escalona-Buendía H, Orozco-Avila I, Lugo-Cervantes E, Jaramillo-Flores M. Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Res Int*. 2011; 44: 250-258.
- Sotelo A, Álvarez G. Chemical composition of wild *Theobroma* species and their comparison to the cacao bean. *J Agric Food Chem*. 1991; 39: 1940-1943.
- Hammerstone JF, Romanczyk LJ, Aitken WM. Purine alkaloid distribution within *Herrania* and *Theobroma*. *Phytochemistry* 1994; 35: 1237-1240.
- Bernays A, Oppenheim S, Chapman R, Kwon H, Gould F. Taste sensitivity of insect herbivores to deterrents is greater in specialists than in generalists: a behavioral test of the hypothesis with two closely related caterpillars. *J Chem Ecol*. 2000; 26: 547-563.
- Smyth D. Effect of methylxanthine treatment on rice seedling growth. *J Plant Growth Regul*. 1992; 11: 125-128.

16. Evans W. Trease and Evans - Pharmacognosy. 15th ed. Edinburgh: Saunders. 2000.
17. Lewis W. Plants used medically by indigenous people. In: Phytochemical resources for medicine and agriculture. pp. 33-74. Nigg H, Seigler D (eds). Plenus Press, New York, USA, 1992.
18. Stark T, Bareuther S, Hofmann T. Molecular definition of the taste of roasted cocoa nibs (*Theobroma cacao*) by means of quantitative studies and sensory experiments. J Agric Food Chem. 2006; 54: 5530-5539.
19. Ashihara H, Sano H, Crozier A. Caffeine and related purine alkaloids: Biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering. Phytochemistry 2008; 69: 841-856.
20. Stasolla C, Katahira R, Thorpe T, Ashihara H. (2003). Purine and pyrimidine nucleotide metabolism in higher plants. J Plant Physiol. 2003; 160: 1271-1295.
21. Koyama Y, Tomoda Y, Kato M, Ashihara H. Metabolism of purine bases, nucleosides and alkaloids in theobromine-forming *Theobroma cacao* leaves. Plant Physiol Biochem. 2003; 41: 977-984.
22. Sugiura M, Takeda Y. Nucleic acids. In: Biochemistry and Molecular Biology of Plants. pp. 260-310. Buchanan BB, Gruissen W, Jones RL (eds). Rockville, Am Soc Plant Physiol, 2000.
23. Ashihara H, Kato M, Ye C. Biosynthesis and metabolism of purine alkaloids in leaves of cocoa tea (*Camellia ptilophylla*). J Plant Res. 1998; 111: 599-604.
24. Ashihara H, Kubota H. Biosynthesis of purine alkaloids in *Camellia* plants. Plant Cell Physiol. 1987; 28: 535-539.
25. Kato M, Mizuno K, Fujimura T, Iwama M, Irie M, Crozier A, Ashihara H. Purification and characterization of caffeine synthase from tea leaves. Plant Physiol. 1999; 120: 579-586.
26. Kato M, Mizuno K, Crozier A, Fujimura T, Ashihara H. Caffeine synthase gene from tea leaves. Nature 2000; 406: 956-957.
27. Mazzafera P, Wingsle G, Olsson O, Sandberg G. S-adenosyl-L-methionine: theobromine 1-Nmethyltransferase, an enzyme catalyzing the synthesis of caffeine in coffee. Phytochemistry 1994; 37: 1577-1584.
28. Mizuno K, Okuda A, Kato M, Yoneyama N, Tanaka H, Ashihara H, et al. Isolation of a new dual-functional caffeine synthase gene encoding an enzyme for the conversion of 7-methylxanthine to caffeine from coffee (*Coffea arabica* L.) FEBS Lett. 2003; 534: 75-81.
29. Mizuno K, Tanaka H, Kato M, Ashihara H, Fujimura T. cDNA cloning of caffeine (theobromine) synthase from coffee (*Coffea arabica* L.). In: Proceedings of the International Scientific Colloquium on Coffee. ASIC, Paris, 2001; 19: 815-818.
30. Uefuji H, Ogita S, Yamaguchi Y, Koizumi N, Sano H. Molecular cloning and functional characterization of three distinct N-methyltransferase involved in the caffeine biosynthetic pathway in coffee plants. Plant Physiol. 2003; 132: 372-380.
31. Rusconi M, Conti A. *Theobroma cacao* L., the food of the gods: A scientific approach beyond myths and claims. Pharmacol Res. 2010; 61: 5-13.
32. Wollgast J, Anklam E. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. Food Res Int. 2000; 33: 423-447.
33. Martínez-Valverde I, Periago M, Ros G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Arch Latinoam Nutr. 2000; 50: 5-18.
34. Grotewold E. The science of flavonoids. Ohio, USA: Springer. 2006.
35. Martens S, Mithöfer A. Flavones and flavone synthases. Phytochemistry 2005; 66: 2399-2407.
36. Winkel-Shirley B. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology and biotechnology. Plant Physiol. 2001; 126: 485-493.
37. Herrmann K, Weaver L. (1999). The shikimate pathway. Annual Review of Plant Physiology. Plant Mol Biol. 1999; 50: 473-503.
38. Bravo L. Polyphenol: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. Nutr Rev. 1998; 56: 317-333.
39. Parr A, Bolwell G. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. J Sci Food Agric. 2000; 80: 985-1012.
40. Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends Plant Sci. 1997; 2: 2152-2159.
41. Crozier S, Preston A, Hurst J, Payne M, Mann J, Hainly L, et al. Cacao seeds are a "Super Fruit": A comparative analysis of various fruit powders and products. Chem Cent J. 2011; 5:5.
42. Fatland B, Ke J, Anderson M, Mentzen W, Cui L, Allred C, et al. Molecular characterization of a heteromeric ATP-citrate lyase that generates cytosolic acetyl-Coenzyme A in Arabidopsis. Plant

- Physiol. 2004; 130: 740-756.
43. Tsao R. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2010; 2: 1231-1246.
 44. Kubasek W, Shirley B, McKillop A, Goodman H, Briggs W, Ausubel F. Regulation of flavonoid biosynthetic genes in germinating *Arabidopsis* seedlings. *Plant Cell* 1992; 4: 1229-1236.
 45. Beggs C, Kuhn K, Böcker R, Wellman E. Phytochrome-induced flavonoid biosynthesis in mustard (*Sinapis alba* L.) cotyledons. Enzymic control and differential regulation of anthocyanic and quercetin formation. *Planta* 1987; 172: 121-126.
 46. Graham T. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seedling tissues and in seed and root exudates. *Plant Physiol.* 1991; 95: 594-603.
 47. Dixon R, Pavia N. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 1995; 7: 1085-1097.
 48. Hahlbrock K, Scheel D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. *Annu Rev Plant Biol.* 1989; 40: 347-369.
 49. Argout X, Salse J, Aury J, Guiltinan M, Droc G, Gouzy J, et al. The genome of *Theobroma cacao*. *Nat Genet.* 2011; 43: 101-109.
 50. Tomas-Barberán F, Cienfuegos-Jovellanos E, Marín A, Muguerza B, Gil-Izquierdo A, Cerdá B, et al. A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. *J Agric Food Chem.* 2007; 55: 3926-3935.
 51. Frauendorfer F, Schieberle P. Changes in key aroma compounds of criollo cocoa beans during roasting. *J Agric Food Chem.* 2008; 56: 10244-20251.
 52. Luna F, Crouzillat D, Cirou L, Bucheli P. Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. *J Agric Food Chem.* 2002; 50: 3527-3532.
 53. Oberparleiter S, Ziegler G. Amylcohols as compounds indicative of raw cocoa bean quality. *Z Lebensm Unters Forsch A.* 1997; 204: 156-160.
 54. Schwan R, Wheals A. The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2004; 44: 205-221.
 55. Bozan E, Motamayor J, Amores F, Cedeño-Amador S, Tondo C, Livingstone D, Schnell R, Gutiérrez O. Genetic characterization of the cacao cultivar CCN 51: Its Impact and significance on global cacao improvement and production. *J Am Soc Hort Sci.* 2014; 139: 219-229.
 56. Camú N, De Winter T, Addo S, Takrama J, Bernaert H, De Vuyst L. Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *J Sci Food Agr.* 2008; 88: 2288-2297.
 57. Carrillo L, Londoño-Londoño J, Gil A. Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Res Intern.* 2014; 60: 273-280.
 58. Aikpokpodion, P. Variation in agromorphological characteristics of cacao, *Theobroma cacao* L., in farmers' fields in Nigeria. *New Zeal J Crop Hort.* 2010; 38: 157-170.
 59. Hansen C, del Olmo M, Burri C. Enzyme activities in cocoa beans during fermentation. *J Sci Food Agr.* 1998; 77: 273-281.
 60. Roelofsen PA. Fermentation, drying, and storage of cocoa beans. *Adv Food Res.* 1958; 8: 225-296.
 61. Pettipher G. Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardised artificial cocoa pulp medium. *J Sci Food Agr.* 1986; 37: 297-309.
 62. Baker D, Tomlins K, Gray C. Survey of Ghanaian cocoa farmer fermentation practices and their influence on cocoa flavour. *Food Chem.* 1994; 51: 425-431.
 63. Tomlins K, Baker D, Daplyn P, Adomako D. Effect of fermentation and drying practices on the chemical and physical profiles of Ghana cocoa. *Food Chem.* 1993; 46: 257-263.
 64. Schwan R. Cocoa fermentations conducted with a defined microbial cocktail inoculum. *Appl Environ Microbiol.* 1998; 64: 1477-1483.
 65. Dzogbefia V, Buamah R, Oldham J. The controlled fermentation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) using yeasts: enzymatic process and associated physico-chemical changes in cocoa sweatings. *Food Biotechnol.* 1999; 13: 1-12.
 66. Lefeber T, Janssens M, Camú N, De Vuyst L. Kinetic analysis of strains of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa pulp simulation media toward development of a starter culture for cocoa bean fermentation. *Appl Environ Microbiol.* 2010; 76: 7708-7716.
 67. Gotsch N. Cocoa biotechnology: status, constraints and future prospects. *Biotechnol Adv.* 1997; 15: 333-352.
 68. De Brito E, Pezoa-García N, Gallão M, Cortelazzo A, Fevereiro P, Braga M. Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L) during fermentation, drying and roasting. *J Sci Food Agr.* 2000; 81: 281-288.
 69. Quesnel V. Agents inducing the death of the cacao seeds during fermentation. *J Sci Food Agr.* 1965;

- 16: 441-447.
70. Misnawi S, Jamilah B, Nazamid S. Effects of incubation and polyphenol oxidase enrichment on colour, fermentation index, procyanidins and astringency of unfermented and partly fermented cocoa beans. *Int J Food Sci Tech.* 2003; 38: 285-295.
 71. Ho VT, Zhao J, Fleet G. Yeasts are essential for cocoa bean fermentation. *Int J Food Microbiol.* 2014; 174: 72-87.
 72. Ho VT, Zhao J, Fleet G. The effect of lactic acid bacteria on cocoa bean fermentation. *Int J Food Microbiol.* 2015; 205: 54-67.
 73. De Vuyst L, Weckx S. The cocoa bean fermentation process: from ecosystem analysis to starter culture development. *J Appl Microbiol.* 2016; doi: 10.1111/jam.13045.
 74. Papalexandratou Z, Vrancken G, De Bruyne K, Vandamme P, De Vuyst L. Spontaneous organic cocoa bean box fermentations in Brazil are characterized by a restricted species diversity of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria. *Food Microbiol.* 2011; 28: 1326-1338.
 75. Rohan T. The precursors of chocolate aroma: application of gas chromatography in following formation during fermentation of cocoa beans. *J Food Sci.* 1963; 32: 402-404.
 76. Portillo E, Labarca M, Grazziani L, Cros E, Assemat S, Davrieux F, et al. Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. *Rev UDO Agric.* 2009; 9: 458-468.
 77. Rohan T. The precursors of chocolate aroma: comparative study of fermented and unfermented cocoa beans. *J Food Sci.* 1964; 29: 456-459.
 78. Harrington W. The effects of roasting time and temperature on the antioxidant capacity of cocoa beans from Dominican Republic, Ecuador, Haiti, Indonesia, and Ivory Coast. Tesis de Maestría, Universidad de Tennessee. EUA. 2011.
 79. Amoye S. Cocoa sourcing, world economics and supply. *Manuf Confect.* 2006; 86: 81e-85e.
 80. Rodriguez-Campos J, Escalona-Buendía HB, Contreras-Ramos SM, Orozco-Avila I, Jaramillo-Flores E, Lugo-Cervantes E. Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chem.* 2011; 132: 277-288.
 81. Jinap S, Siti M, Norsiaty M. Formation of methyl pyrazine during cocoa bean fermentation. *Pertanika J Trop Agric Sci.* 1994; 17: 27-32.
 82. Ramli N, Hassan O, Said M, Samsudin W, Idris N. Influence of roasting condition on volatile flavour of roasted Malaysian cocoa beans. *J Food Process Preserv.* 2006; 30: 280-298.
 83. Jinap S, Wan Rosli W, Russly A, Nordin L. Effect of roasting time and temperature on volatile component profiles during nib roasting of cocoa beans (*Theobroma cacao*). *J Sci Food Agr.* 1998; 77: 441-448.
 84. Ziegleder G. Composition of flavor extracts of raw and roasted beans. *Z Lebensm Unters For.* 1991; 192: 521-525.
 85. Lindsay R. Food Additives. In: *Food Chemistry.* pp. 768-823. 3rd edition. Fennema O (ed). Marcel Dekker, New York, USA, 1996.
 86. Voigt J, Biehl B, Heinrich H, Kamaruddin S, Gaim-Marsoner G, Hugi A. In vitro formation of cocoa-specific aroma precursors: aroma related peptides generated from cocoa seed protein by cooperation of an aspartic endoprotease and a carboxypeptidase. *Food Chem.* 1994; 49: 173-180.
 87. Voigt J, Biehl B, Kamaruddin S. The major seed proteins of *Theobroma cacao L.* *Food Chem.* 1993; 47: 145-151.
 88. Granvogl M, Bugan S, Schieberle P. Formation of amines and aldehydes from parent amino acids during thermal processing of cocoa and model systems: new insights into pathways of the Strecker reaction. *J Agric Food Chem.* 2006; 54: 1730-1739.
 89. Álvarez C, Pérez E, Lares M. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agron Trop.* 2007; 57: 249-256.
 90. Ashihara H, Kato M, Crozier A. Distribution, biosynthesis and catabolism of methylxanthines in plants. In: *Methylxanthines, Handbook of Experimental Pharmacology.* pp. 11-31. Fredholm BB (ed). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg; 2011.
 91. Ishida M, Kitao N, Mizuno K, Tanikawa N, Kato M. Occurrence of theobromine synthase in purine alkaloid-free species of *Camellia* plants. *Planta* 2009; 229: 559-568.

Recibido: 29-01-2016
Aceptado: 27-05-2016

Fe de erratas

Por error en el montaje y diagramación del manuscrito “Crecimiento y estado nutricional de escolares de tres comunidades de Yucatán, México”, de los autores Hugo Azcorra, Adriana Vázquez-Vázquez, José Enrique Baqueiro Cárdenas y Juan Carlos Salazar Rendón, publicado en el Número 2 del Volumen 66, Junio 2016, pag. 135 – 141, no fue incluida la Figura 1.

El texto de la página 140 del citado manuscrito, debe leer: “Si bien las prevalencias de riesgo

de sobrepeso y obesidad en las dos comunidades restantes (Xkanchakan y Chikindzonot) fueron menores, este estudio muestra la coexistencia de ambos extremos de la mala nutrición de la población investigada: desnutrición crónica (talla baja) y exceso de peso (Figura 1). Sugerimos que...”

Ofrecemos nuestras disculpas a los autores y al universo lector de Archivos Latinoamericanos de Nutrición.

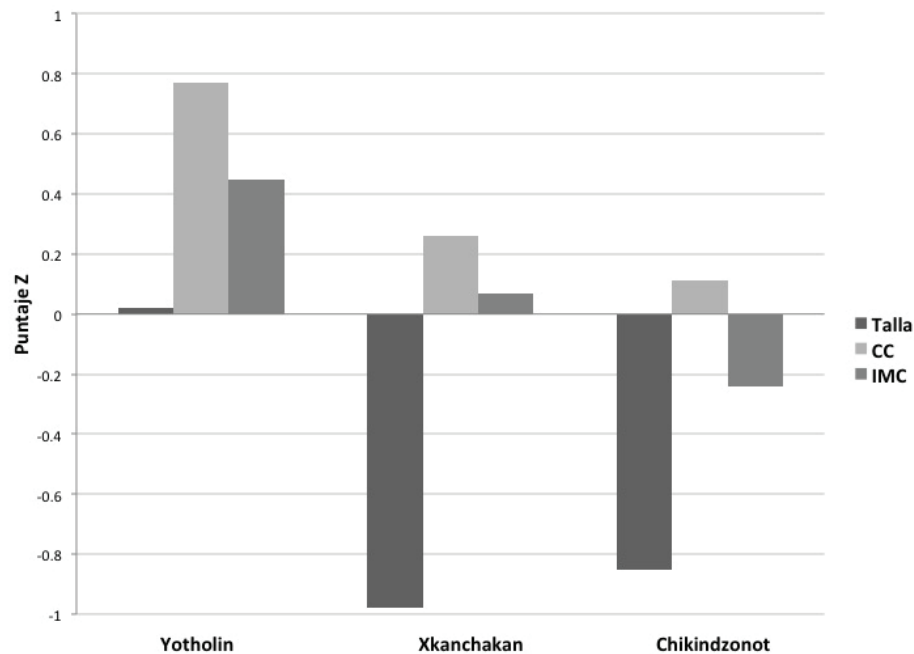


FIGURA 1. Puntajes Z de talla, CC e IMC por comunidad estudiada.

NOTAS NECROLÓGICAS

UN RECUERDO PÓSTUMO

DR. FERNANDO E. VITERI

Fernando José Eugenio Viteri nació en 1930 en la ciudad de Guatemala; sus padres fueron el Lic. Ernesto Viteri y Doña Marta de Viteri. A pesar de que creció en el seno de una familia de abogados, desde niño quiso ser médico. En seguimiento a esta vocación ingresó a la facultad de medicina de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año de 1948. Ahí descolló como el mejor estudiante de su clase, graduándose el primero de diciembre de 1956. Su trabajo de tesis mereció la medalla del Premio Flores como la mejor investigación de ese año. Inició su carrera profesional en 1957 como Médico Residente de Medicina Interna. En 1960, viajó a los Estados Unidos a proseguir estudios de post-grado en Hematología, Nutrición y Metabolismo en las Universidades de Michigan, Harvard, y Cincinnati. Sus estudios incluyeron un período en el afamado laboratorio de radioisótopos de Oak Ridge, Tennessee. En 1965 recibió un doctorado en Medicina y Fisiología de la Universidad de Cincinnati. Luego regresó a Guatemala para desempeñarse como Jefe de la División de Biología y Nutrición, del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), hasta 1980. Después de una salida intempestiva de Guatemala, asociada a su papel de intermediario para lograr la liberación del Director del INCAP y quien fue secuestrado por un grupo armado, trabaja hasta 1982 como Asesor Regional e Investigador de Enfermedades no Transmisibles en la OPS en Washington DC, y hasta 1986 como Asesor Regional y Jefe del Programa de Nutrición y Alimentos de la misma organización. Su espíritu de investigador incansable lo conduce a convertirse, ese mismo año, en profesor del Departamento de Ciencias Nutricionales



de la Universidad de California en Berkeley, y a partir de 2002 como investigador del “Children’s Hospital Oakland Research Institute (CHORI)”. Su principal interés en investigación consistió en aportar las bases científicas de los cambios metabólicos en la desnutrición aguda grave infantil y durante la recuperación nutricional. Su trabajo llevó al establecimiento de bases clínicas para el tratamiento de la desnutrición proteínico-calórica aguda, y la prevención y tratamiento de la anemia por deficiencias nutricionales, especialmente la del hierro. Reconoció que dosis altas de hierro pueden provocar daño oxidativo, y por lo tanto investigó no sólo la efectividad sino también los efectos adversos de la suplementación con hierro. Los resultados de sus estudios apoyaron la recomendación de la suplementación intermitente (comúnmente semanal) con hierro con el propósito de prevenir y tratar anemia por deficiencia de hierro, pero al mismo tiempo evitar daños in-

deseables. Sus estudios con hierro-EDTA contribuyeron a determinar el uso seguro y efectivo de este compuesto en fortificación de alimentos. También se interesó en mediciones de gasto energético, composición corporal y rendimiento físico en trabajadores agrícolas de Centro América, y que constituyeron trabajos pioneros en el área de la nutrición y productividad. Durante sus últimos años como investigador estudió el folato y para el cual, siguiendo el ejemplo del hierro, postuló que su uso beneficioso está en establecer un equilibrio que beneficie (prevención de los defectos del tubo neural, p.e.) pero si alcanzar dosis excesivas que podrían ser riesgosas.

Recibió numerosos galardones y reconocimientos, entre los que se incluyen los siguientes: Identificado como uno de los líderes de la ciencia de la Nutrición por la Sociedad Latinoamericana de la Nutrición (2015); designación con su nombre al “Instituto para el Desarrollo y la Investigación Pediátrica” en el Hospital de la Plata, Argentina (2008); condecoración “Orden de Pedro de San José de Bethancourt”, mayor distinción al Servicio Público otorgada por el Gobierno de Guatemala a través del Ministerio de Salud (2007); Miembro Electo de la Sociedad Estadounidense de Ciencias Nutricionales (2003); Primer Premio W.K. Kellogg por investigación de nutrición humana en Latinoamérica (1997); premio de la OPS/OMS por servicio meritorio

(1980); y miembro electo de la Academia de Ciencias de Guatemala (1977). Desconocido para muchos fue su interés por la música, de la clásica al tango, siendo su instrumento predilecto el cello. También fue un gran deportista, y practicó el golf, la natación, el tenis, la vela, y el motociclismo.

El Dr. Viteri falleció el lunes 11 de julio de 2016 en California. No solo dejó cientos de publicaciones que han ayudado a entender y promover la nutrición humana, sino también muchísimos colegas y amigos, quienes imitando su ejemplo se desempeñan ahora en muchos países del mundo extendiendo los conocimientos y la filosofía adquiridos de él. Las personas que trabajaron y compartieron con Fernando lo describen como una persona carismática, sencilla, amable, afectuosa, y quien deja una herencia importante en las ciencias de la nutrición. Su ausencia física es claramente sentida, pero su legado será eterno especialmente en Latinoamérica, región a la que le prestó especial atención. Su memoria permanecerá por siempre en todos aquéllos que le conocimos.

Dr. Francisco Chew.

Investigador Asociado, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP, Guatemala.

Omar Dary PhD.

Buro de Salud Pública Global, USAID, Washington DC, Estados Unidos de América.

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 investigación originales sobre temas relacionados con alimentación y nutrición, entre ellos, nutrición humana y animal, bioquímica nutricional aplicada, nutrición clínica y comunitaria, educación en nutrición, ciencia y tecnología de alimentos, microbiología de alimentos, revisiones científicas críticas, Editoriales y Cartas al Editor.

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. No se mantendrá correspondencia sobre aquellos que no sean publicados.

REQUISITOS PARA LA PRESENTACIÓN DE MANUSCRITOS VÍA ELECTRÓNICA

Resumen de requisitos:

- Todas las partes del manuscrito estarán presentadas en versión Word a doble espacio, con letra Times New Roman (tamaño 12) en páginas tamaño carta. El trabajo debe tener una extensión no mayor de 23 páginas, incluyendo las Tablas, Figuras e ilustraciones si la hubiere, las cuales deben estar incorporadas al final del texto. Todas las páginas deben estar numeradas.
- Revise la secuencia general: Título del manuscrito y autores, Resumen y palabras clave, Introducción, Materiales y Métodos,

Resultados, Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, Tablas y Figuras.

- Adjunte carta de presentación y aceptación de autoría firmada por los investigadores involucrados. Los autores podrán sugerir los nombres de tres posibles árbitros con sus respectivas direcciones electrónicas.
- Envíe el manuscrito junto con la carta de presentación, a la siguiente dirección electrónica: info@alanrevista.org

PORTADA

Debe contener: Título del manuscrito. Nombres, apellidos y la afiliación institucional de los autores. Nombre, dirección postal, número de teléfono y dirección de correo electrónico del autor encargado de la correspondencia.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Escrito en forma corrida y no en secciones, que no sobre pasará las 250 palabras de extensión. Agréguese de 3 a 6 palabras clave que ayuden a los indizadores a clasificar el artículo. ALAN exige que si el trabajo original es en español o en inglés, deberá acompañarse de un resumen en inglés o en español o alternativamente en portugués con sus palabras clave.

INTRODUCCIÓN

Enuncie la finalidad o el objetivo de investigación específico del estudio u observaciones, o bien la hipótesis que se ha puesto a prueba. Cite las referencias estrictamente pertinentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identifique los métodos, los aparatos y equipos (nombre y dirección del fabricante) y los procedimientos realizados. Identifique los reactivos y productos químicos utilizados.

Describa los métodos estadísticos con detalles e indique el método y modelo estadístico.

RESULTADOS

Limite las Tablas y las Figuras al número necesario para explicar el argumento y resultados de la investigación y evaluar los datos en que se apoya. Se sugiere un máximo de 5 Tablas y 3 Figuras.

DISCUSIÓN

Breve y concisa, contrastada con observaciones realizadas en otros estudios. Proponga nuevas hipótesis cuando haya justificación para ello, pero identificándolas claramente como tales.

CONCLUSIONES

Refiérase a las más relevantes y oriente sobre posibles vías para continuar la investigación o el estudio emprendido.

No cite referencias bibliográficas en esta sección.

AGRADECIMIENTOS

Mencione la procedencia del apoyo recibido en forma de subvenciones (equipos, reactivos, medicamentos) y a las instituciones financiadoras del estudio, dependencia e instituciones que apoyaron su ejecución, así como a personas y colaboradores.

TABLAS Y FIGURAS

Numérelas consecutivamente en arábigos siguiendo el orden en que se citan por primera vez en el texto. Cerciórese de que cada Tabla y Figura aparezca citada en el manuscrito.

REFERENCIAS

En el texto numere las referencias consecutivamente siguiendo el orden en que se mencionan por primera vez y se identificarán mediante números arábigos entre paréntesis.

Las Referencias serán listadas al final del manuscrito en orden numérico, no en orden alfabético. La veracidad de la información contenida en ésta sección es responsabilidad del autor (de los autores).

COSTO POR PÁGINA

Debido a los altos costos de impresión y publicación, ALAN ha estipulado dentro de su política editorial el costo de US \$ 30 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.

Debido a que no existe al presente una traducción oficial al español, se transcribe por razones de espacio, solo el título del documento que sigue: **RECOMMENDATIONS FOR THE CONDUCT, REPORTING, EDITING, AND PUBLICATION OF SCHOLARLY WORK IN MEDICAL JOURNALS** Updated AUGUST 2013. Para una lectura completa de esta versión, los autores deben acudir al siguiente sitio: <http://www.icmje.org>

LA SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE NUTRICIÓN (SLAN)

La Sociedad Latinoamericana de Nutrición (SLAN) fue creada el 10 de Noviembre de 1965 en ocasión de celebrarse el Primer Congreso de Nutrición del Hemisferio Occidental. El actual Consejo Directivo de la SLAN (2016-2018) está constituido por los siguientes miembros:

Presidente	Juan Angel Rivera Dommarco
Vicepresidente (Presidente electo)	Rafael Figueredo Grijalba
Presidente saliente	Maria de las Nieves García Casal

DIRECTORIO DE ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION

Editor General	José Félix Chávez Pérez
Editor Asociado	Maritza L. de Jiménez
Editor Asistente	Miriam Strauss

COMITE EDITORIAL. PERÍODO 2016-2018

Elizabeth Dini Golding	Fanny Carrillo de Padilla
Betty Méndez Pérez	Elba Sangronis
Cristina Palacios Alzuru	Juscelino Tovar
Patricio Hevia Opazo	Pilar Hernández Serrano
Liseti Solano R.	Alexia Torres

MIEMBROS DEL CUERPO EDITORIAL. PERÍODO 2016 - 2018

Juan de Dios Alvarado - Ecuador	Michelle López - Venezuela
Jaime Amaya Farfán - Brasil	Laura B. López de Bellesi - Argentina
Hugo Amigo A. - Chile	Laura B. López de Ventades - Argentina
Marián Araujo Yasselli - Venezuela	Luis López Valladares - Chile
Héctor Araya - Chile	Mariane Lutz Riquelme - Chile
María Laura Arias E. - Costa Rica	Marbella Marcano Martell - Venezuela
Linda Arturo - Ecuador	Julio Sergio Marchini - Brasil
Eduardo Atalah Samur - Chile	Mariana Mariño Elizondo - Venezuela
Luis A. Bello Pérez - México	María L. P. Martín de Portela - Argentina
Odilia Bermúdez - E.E.U.U	Luis Antonio Mejía - Mexico
David Betancur-Ancona - México	Josefina Morales de León - México
Adriana Blanco Metzler - Costa Rica	Alvaro Ojeda - Venezuela
Erick Boy - E.E.U.U	Manuel Olivares - Chile
Josefina Bressan R. - Brasil	Saturnino de Pablo - Chile
Jesús Bulux - Guatemala	María Concepción Páez V. - Venezuela
Ana M. Calderón de la Barca-México	Ingrid Rached Paoli - Venezuela
Luis A. Caballero M. - Venezuela	Delia Rodríguez Amaya - Brasil
Fernando Carrasco Naranjo - Chile	Manuel Ruz Ortiz - Chile
Louella Cuningham - Costa Rica	Alba Morón de Salim - Venezuela
Marcia Erazo - Chile	Norma Sammán - Argentina
Luis Falque Madrid - Venezuela	Sonia G. Sáyago Ayerdi - México
Patricia R. de Ferrer - Argentina	Teresa Shamah Levi - México
Elvira González de Mejía - México	Yaritza Sifontes - Venezuela
María A. González Stäger - Chile	Ingrid Soto de Sanabria - Venezuela
Marisela Granito - Venezuela	Nilson E. de Sousa - Brasil
Marisa Guerra M. - Venezuela	Coromoto M. Tomei - Venezuela
Marianella Herrera Cuenca - Venezuela	Macarena Urestarazu Devincenzi - Brasil
Hector A. Herrera M. - Venezuela	Elio Vannucchi - Brasil
Ileana Holst Schumacher - Costa Rica	Iñigo Verdalet Guzman - México
Marta Kaufer Horwitz - México	Liliana Zago - Argentina

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Volumen 66. N° 3, Septiembre 2016

Contenido

ARTICULOS GENERALES

A new family home approach to controlling iron deficiency anemia in all ages in less-developed and developing countries using iron-fortified water

José Eduardo Dutra-de-Oliveira, Júlio Sérgio Marchini, Joel Alves Lamounier, Carlos Alberto Nogueira de Almeida..... 159

PERSPECTIVA

La deficiencia de zinc: un problema global que afecta la salud y el desarrollo cognitivo

Claudia Restrepo Caro, María Del C. Coronell, Julia Arrollo, Gisela Martínez, Lucía Sánchez Majana, Luz Adriana Sarmiento-Rubiano..... 165

TRABAJOS DE INVESTIGACION

Nutrición Clínica

Circunferencia media de brazo en preescolares y escolares hospitalizados como valor predictivo de desnutrición aguda

Milagros Pontiles de Sánchez, Alba Morón de Salim, Susan Darias Perdomo 176

Nutrición y Salud Pública

Ingesta alimentaria y estado nutricional de pacientes con enfermedad de Chagas.

Agustina Bertola Compagnucci, Ariana Dávila, Juan Beloscar, Stella Maris Pezzotto, Hector Dávila..... 185

Lactancia Materna y Sobrepeso

Aleitamento materno, introdução da alimentação complementar e excesso de peso em pré-escolares.

Alexandra Tijerina Sáenz, Erik Ramírez López, Víctor Manuel Meneses Valderrama, Nancy Edith Martínez Garza 195

Bioquímica Nutricional

Relación entre la ingesta de antioxidantes, factores nutricionales e indicadores bioquímicos en voluntarios sanos.

Claret Mata, Carolina Pestana, Mary Lares, Antonietta Porco, María Isabel Giacomini, Sara Brito, Jorge Castro 201

Antioxidant, cytotoxic and alpha-glucosidase inhibition activities from the Mexican berry "Anacahuita" (*Cordia boissieri*)

Ezequiel Viveros-Valdez, Carlos Jaramillo-Mora, Azucena Oranday-Cárdenas, Javier Morán-Martínez, Pilar Carranza-Rosales 211

Antropometría y Actividad Física

Asociación entre características antropométricas y funcionalidad motriz en sujetos chilenos con distintos niveles de actividad física.

Antonio Eduardo López-Fuenzalida, Carolina Isabel Rodríguez Canales, Enrique Alejandro Cerda Vega, Enrique Jorge Arriaza Ardiles, Álvaro Renato Reyes Ponce, Pablo Valdés-Badilla..... 219

Consumo de Alimentos

Differences in nutritional status, physical activity, and fruit and vegetable consumption in urban and rural school-going adolescents in Paute, Ecuador

Patricia Flor-Garrido, Matthew L. Romo, Victoria Abril-Ulloa 230

Ciencia de Alimentos

Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma

Alfredo Vázquez-Ovando, Isidro Ovando-Medina, Lourdes Adriano-Anaya, David Betancur-Ancona, Miguel Salvador-Figueroa 239

FE DE ERRATAS..... 255

NOTAS NECROLOGICAS..... 256

INFORMACION PARA LOS AUTORES..... 258