

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

VOL 67

MARZO 2017

Nº 1

Contenido

ARTÍCULOS GENERALES

Relationship between nutritional status and sleep duration in Chilean school-age children

Samuel Durán Agüero, Gustavo Cediél Giraldo, Jerusa Brignardello Guerra..... 1

PERSPECTIVA

Dietary patterns, nutritional profile, and body mass index in Mexican schoolchildren: A cross-sectional study

*Victor Manuel Zamora-Gasga, Efigenia Montalvo-González,
Guadalupe Flavia Loarca-Piña, Alejandra Martina Chacón-López,
Juscelino Tovar, Sonia Guadalupe Sáyago-Ayerdi.....* 6

TRABAJOS DE INVESTIGACION

Nutrición Infantil

Aceptabilidad de un atole fortificado con 21 micronutrientes e impacto en la salud y nutrición de niños menores de 6 años de edad en la Ciudad de Guatemala

Ana M. Palacios, Lisa M. Villanueva, Diana Cuy-Castellanos, Gregory A. Reinhart 15

Estado nutricional de los escolares de una zona rural de extrema pobreza de Ccorca, Perú. Proyecto INCOS

*Carla Ballonga Paretas, Sabina López Toledo, Pilar Echevarría Pérez,
Óscar Vidal Corrons, Josefa Canals Sans, Victoria Arija Val..* 23

Páginas

Bioquímica Experimental

La diarrea inducida con lactosa es mas severa, prolongada y produce mayores pérdidas fecales de macronutrientes en ratas cecotomizadas que en ratas intactas. <i>Miryan Montbrun, Marlén Gutiérrez, Anna M. Cioccia, Patricio Hevia</i>	32
---	----

Índice de masa corporal y porcentaje de grasa en adultos indígenas ecuatorianos Awá <i>Mariana Oleas Galeas, Amparito Barahona, Raquel Salazar Lugo</i>	42
---	----

Nutrición Animal

Composición química e indicadores de calidad del frijol de soya (<i>Glycine max</i>) integral procesado con vapor para la alimentación de aves y cerdos <i>Colina, J., M. León, M. Castañeda, A. Matos</i>	49
--	----

Ciencia de Alimentos

Evaluación del contenido de amilosa en arroz mediante espectroscopia de infrarrojo Cercano-NIRS <i>Johana Katerine Loaiza, Jesús E. Larrahondo</i>	56
--	----

LatinFoods. Composición de Alimentos

Evaluación nutricional de la papa de aire (<i>Dioscorea bulbifera L.</i>) cultivada en Panamá <i>Manuel Jiménez-Montero y Sergio Sánchez Silvera</i>	62
--	----

Composición nutricional, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cascarilla de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) <i>Guillermo Niño-Medina, Dolores Muy-Rangel, Aurora de Jesús Garza-Juárez, Jesús Alberto Vázquez-Rodríguez, Gerardo Méndez-Zamora, Vania Urias-Orona</i>	68
---	----

INFORMACION PARA LOS AUTORES	74
---	----

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the Latin American Society of Nutrition

VOL 67

MARCH 2017

Nº 1

Contents

	Pages
GENERAL ARTICLES	
Relationship between nutritional status and sleep duration in Chilean school-age children <i>Samuel Durán Agüero, Gustavo Cediél Giraldo, Jerusa Brignardello Guerra</i>	1
PERSPECTIVE	
Dietary patterns, nutritional profile, and body mass index in Mexican schoolchildren: A cross-sectional study <i>Victor Manuel Zamora-Gasga, Efigenia Montalvo-González, Guadalupe Flavia Loarca-Piña, Alejandra Martina Chacón-López, Juscelino Tovar, Sonia Guadalupe Sáyago-Ayerdi</i>	6
RESEARCH PAPERS	
Children Nutrition	
Acceptability of a 21 micronutrient-fortified atole and its impact on health and nutrition in children under 6 years of age from Guatemala City <i>Ana M. Palacios, Lisa M. Villanueva, Diana Cuy-Castellanos, Gregory A. Reinhart</i>	15
Nutritional status of the school children in an extremely poor rural area of Ccorca, Perú.INCOS project <i>Carla Ballonga Paretas, Sabina López Toledo, Pilar Echevarría Pérez, Óscar Vidal Corrons, Josefa Canals Sans, Victoria Arijá Val</i>	23

Experimental Biochemistry

Lactose-induced diarrhea is more severe, last longer and produces more fecal macronutrient losses in cecectomized than in intact rats.

Miryan Montbrun, Marlén Gutiérrez, Anna M. Cioccia, Patricio Hevia 32

Body mass index and fat percentage in adults Ecuadorian indigenous Awá.

Mariana Oleas Galeas, Amparito Barahona, Raquel Salazar Lugo 42

Animal Nutrition

Chemical composition and quality indicators of full-fat soybean steam processed for poultry and swine feeding

Colina, J., M. León, M. Castañeda, A. Matos 49

Food Science

Evaluation of rice Amylose content by near infrared Spectroscopy

Johana Katerine Loaiza, Jesús E. Larrahondo 56

LatinFoods. Food Composition

Nutritional evaluation of air potato (*Dioscorea bulbifera L.*) grown in Panamá

Manuel Jiménez-Montero y Sergio Sánchez Silvera 62

Nutritional composition, phenolic compounds and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum*) husk

Guillermo Niño-Medina, Dolores Muy-Rangel, Aurora de Jesús Garza-Juárez, Jesús Alberto Vázquez-Rodríguez, Gerardo Méndez-Zamora, Vania Urías-Orona 68

INFORMATION FOR AUTHORS 74

Relationship between nutritional status and sleep duration in Chilean school-age children

Samuel Durán Agüero, Gustavo Cediél Giraldo, Jerusa Brignardello Guerra

Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad San Sebastián. Chile.
Colegio de Nutricionistas Universitarios de Chile.

SUMMARY. Objective: To establish the relationship between sleep duration, nutritional status and caffeinated beverage consumption patterns in school-age Chilean children. Method: The study was conducted in 805 school-age children, between 6- and 10-years old from 6 neighborhoods in Santiago, Chile. Parents completed a questionnaire, which assessed sleep duration, physical activity and food intake. Anthropometric measurements were completed for children. Results: 52.6% of school-age children were obese and 46.4% slept the recommended amount (≥ 10 hours). Normal weight subjects slept significantly more hours than obese participants, 9.8 ± 0.9 vs. 9.6 ± 0.9 , respectively. Sleep duration during the week was inversely associated to obesity (OR: 3.5, 95% CI 1.3-9.2). Children drank the following beverages at night: caffeinated soft drinks (52.2 %), coffee and/or tea (32.6%) and 21.2 % both soft drinks and coffee tea caffeine beverages Conclusion: Over half of this sample of school-age Chilean children slept less than the recommended (≥ 10 hours) amount, with obese participants sleeping less than normal weight subjects. The intake of caffeine products in particular, caffeinated soft drinks, was higher during the night in both groups. **Key words:** Sleep, obesity, nutritional status, caffeine.

RESUMEN. Relación entre el estado nutricional y la cantidad de sueño en escolares chilenos. Objetivo: establecer la relación entre cantidad de sueño, estado nutricional y consumo de cafeína en escolares Métodos: El estudio fue realizado en 805 escolares, entre 6 a 10 años de 6 comunas de Santiago de Chile. Los padres completaron las encuestas de sueño, actividad física y consumo de alimentos. A los escolares se les realizó una evaluación antropométrica. Resultados: El 52,2% de los escolares era obeso, el 46,4% dormía menos de lo recomendado (≥ 10 horas). La cantidad de sueño fue significativamente mayor en los escolares normopeso que en los obesos $9,8 \pm 0,9$ vs $9,6 \pm 0,9$, respectivamente. La cantidad de sueño durante la semana fue inversamente asociada a obesidad (OR: 3,5; 95% CI 1,3-9,2). Los escolares bebían en la noche antes de dormir: bebidas carbonatadas con cafeína (52,2%), café y/o té (32,6%) y un 21,2% ambos tipos de bebidas. Conclusión: Más de la mitad de esta muestra de niños en edad escolar, dormía menos de la cantidad recomendada (≥ 10 horas), los escolares obesos dormían menos de sujetos de peso normal. Además se observa una ingesta en la noche de bebidas carbonatadas con cafeína elevada en ambos grupos. **Palabras clave:** Sueño, obesidad, estado nutricional, cafeína.

INTRODUCTION

Childhood obesity is considered a worldwide health problem (1). It increases the risk of the other diseases such as diabetes, dyslipidemia, arterial hypertension and has cardiovascular consequences in adulthood (2). In the last 2 decades, Chile has undergone an epidemiological transition, where pediatric under-nutrition was replaced by overweight and obesity (3). The main strategy for the prevention and treatment against this epidemic has been a healthy diet and physical activity (4). Results of interventions, however, have not been completely effective or positive (1,4,5). Interventions that address other risks factors are needed to reduce obesity and improve intervention results. Some studies

have shown an association between reduced sleep duration and childhood overweight, especially in young children (6-8).

Sleep behavior, a healthy diet and physical activity have an important role in the physiological processes of growth, development and health (9). Short sleep duration is related to changes in levels of leptin, ghrelin and cortisol, in addition to glucose tolerance and insulin sensitivity (10). Additional studies have confirmed also that slept deprivation has an impact on increased hunger sensation and daytime appetite (11,12). Thus, short sleep duration is related to the risk of obesity (7). Encouraging adequate sleep as part of an intervention may be novel, effective and complementary to encouraging healthy eating habits and physical activity for

the prevention and treatment of obesity (13). In recent years, an increasing number of population studies on the association between sleep and obesity among children have become available. However, similar information is not available for a pediatric large Chilean population or studies that evaluate the association between caffeine beverages and the sleep duration. Therefore, the aim of this study was to establish the relationship between sleep duration, nutritional status and caffeinated beverage consumption patterns in school-age Chilean children.

MATERIALS AND METHODS

Study Population: Twelve primary schools with similar socio-economic characteristics from Santiago, Concepción and Valparaíso, Chile. Participated in the study between August 2014 and October 2015. The sample size was calculated based on a previous study (6) and was powered to detect a difference in sleep duration between normal and obese participants of 0.5 hour with a standard error of $\alpha=0.05$ and 0.9 power.

Inclusion criteria included being between 6- and 10-years old; enrolled in the test school the day of the evaluation, and not being currently treated for sleep disturbance or depression. A total of 887 school-age children between 6- and 10-years old were approached to participate in the study and 805 completed the questionnaires (90.7%). All parents or caregivers provided signed informed consent and children provided informed assent before participation. The institutional review board at the Universidad San Sebastián, Chile approved this study.

Anthropometric Measurements: Trained personal measured body weight and height. Weight was measured without shoes or belts in light clothing, and recorded to the nearest 0.1 kg with a digital scale (Seca 813 digital electronic floor scale). Height was measured with a stadiometer to the nearest 1 mm without shoes. WC was measured standing with a non-elastic tape, which was applied horizontally midway between the lowest rib margin and the iliac crest. Body Mass Index (BMI) was calculated as weight (kg)/height (m²). The used BMI reference was the National Center for Health Statistics/Centers for Disease Control and Prevention 2000 Growth Charts (14), which has been endorsed by the Chilean Ministry of Health for its use. Children were classified as obese if their BMI was >95th per-

centile, non-obese if the BMI was >10th <85th percentile and overweight if the BMI was ≥ 85 th ≤ 95 th but this group was not considered in our study.

Sleep Duration: Parents were asked to complete the 22-item Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ) about their children. The PSQ provides high validity and sensitivity greater than 0.8.

Eating and Physical Activity Habits: Parents were asked about the contents of the last meal of the day, specifically caffeine intake. They were also asked to report the daily physical activity habits of their children. Adequate sleep duration was defined as sleep ≥ 10 hours per night (8).

Statistics: Data was entered using Excel. Normality of continuous variables was tested using the Shapiro-Wilk goodness of fit test. For normally distributed variables we used the Student t-test and the Mann-Whitney U test was used for non-normally distributed variables. Logistic regression was used to test the relationship between sleep duration, caffeine intake, physical activity and the dependent variable-nutritional status. The α was set as <0.05 for statistical significance. We analyzed data using SPSS version 19.0, Chicago, IL.

RESULTS

We studied 805 school-age children of which 57% were boys; 47.4% were normal weight (n=382) and 52.6% were obese (n=423). Table 1 shows differences in weight, height and BMI by nutritional status. Forty-six percent of students slept the recommended amount per night (≥ 10 hours). On weekdays normal weight children slept significantly more than obese students: 9.8 ± 0.9 hours vs 9.6 ± 0.9 . Differences did not persist for the weekend. Normal weight girls sleep more hours on weekdays and on weekends ($p < 0.05$). This differs from boys who only had significant differences for the weekend ($p < 0.05$). We found no sex differences in sleep duration during the week and on the weekend.

Comparing sleep duration on weekdays by nutritional status and age among girls (Figure 1) we found that as age increased, sleep duration decreased. Six and 7-year old girls sleep significantly more compared to 10-year old girls. Normal weight girls ages 8 and 9 slept significantly more than obese girls of the same ages. We saw similar trends at other ages, but these did not reach statistical significance. We found no differences

TABLE 1. Comparison of anthropometry and sleep duration (weekday and weekend), by sex and nutritional status

Variables	Total n=806			Females n=347			Males n=459		
	Normal Weight	Obese	p-value	Normal Weight	Obese	p-value	Normal Weight	Obese	p-value
	n=383	n=423		n=180	n=167		n=203	n=256	
Age (years)	7.8 ± 1.2	7.6 ± 1.2	0.191	7.8 ± 1.1	7.5 ± 1.2	0.092	7.8 ± 1.2	7.6 ± 1.6	0.503
Weight (kg)	25.7 ± 4.4	28.6 ± 9.2	0.001	25.8 ± 4.3	38.0 ± 9.3	0.001	25.6 ± 4.5	39.2 ± 9.1	0.001
Height (m)	1.25 ± 0.08	1.30 ± 0.0	0.001	1.26 ± 0.0	1.30 ± 0.1	0.001	1.25 ± 0.0	1.30 ± 0.0	0.001
BMI (kg/m ²)	16.1 ± 1.2	22.4 ± 2.7	0.001	16.0 ± 1.3	22.1 ± 2.5	0.001	16.2 ± 1.2	22.6 ± 2.8	0.001
Sleep duration (weekday) (hrs)	9.8 ± 0.9	9.6 ± 0.9	0.034	9.8 ± 0.9	9.6 ± 1.1	0.009	10.0 ± 0.9	9.8 ± 0.9	0.650
Sleep duration (weekend) (hrs)	10.9 ± 1.2	10.9 ± 1.2	0.817	10.9 ± 1.2	10.6 ± 1.2	0.023	11.0 ± 1.2	10.8 ± 0.9	0.042

Values are expressed as mean ± SD.

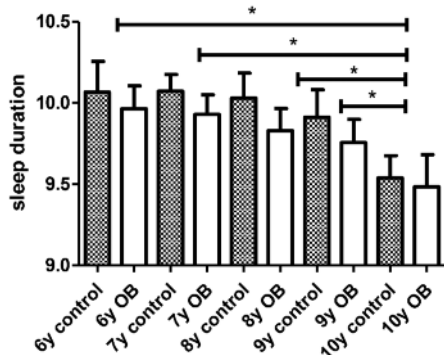


FIGURE 1. Comparison of weekday sleep duration by age and nutritional status: males only

*p<0.05: Anova and post-hoc Bonferroni

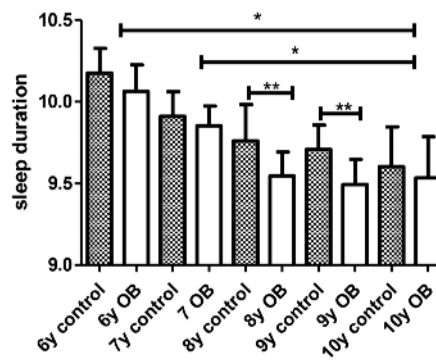


FIGURE 2. Comparison of weekday sleep duration by age and nutritional status: females only

*p<0.05: Anova and post hoc Bonferroni.
**p<0.05 comparison between nutritional status

TABLE 2. Association between nutritional status (dependent variable) and predictive variables

	OR	95% CI		p-value
		Upper	Lower	
Snores	0.972	0.550	1.717	0.921
Disturbed sleep	0.829	0.468	1.471	0.522
Sweats in sleep	0.651	0.368	1.151	0.139
Gets up to go to the bathroom	0.693	0.412	1.167	0.168
Bruxism	1.563	0.844	2.896	0.156
Sleep <11 hours	1.420	0.946	2.906	0.107
Sleep <10.5 hours	3.527	1.350	9.216	0.010
Sleep < 10 hours	1.981	0.950	3.825	0.058
Sleep <11 hours (weekend)	1.472	0.601	3.605	0.397
Sleep <10.5 hours (weekend)	1.569	0.799	3.627	0.293
Sleep <10 hours (weekend)	2.167	0.969	5.402	0.067
Takes naps	0.550	0.023	13.261	0.713
Drinks coffee or tea before bed	1.350	0.655	3.001	0.582
Drinks soft drinks before bed	0.788	0.366	1.800	0.539
Exercise >3 times per week	0.456	0.024	4.123	0.403

in sleep duration on the weekend.

Figure 2 shows that for boys between 6 and 10 years, as age increases, sleep duration decreases (p<0.05). These differences were not observed for the weekend. We found no differences between normal weight and obese boys of the same age with respect to sleep duration.

Table 2 shows that sleeping <10.5 hours per night on a weekday was associated with greater odds of obesity (OR: 3.5, 95%CI 1.3-9.2). We found no other significant associations with obesity risk: sleep duration <10 or 11 hours, consumption of caffeine before bed, exercise and others (all p>0.05).

According to parent report, 32.6% of children drank coffee and tea after

8PM, 52.2% drank soft drinks and 21.2% regularly drink coffee, tea or soft drinks before bed. With respect to physical activity, only 20.4% of students reach the recommended amounts of ≥ 3 times per week for ≥ 30 minutes, with no significant differences by nutritional status. Two percent reported never exercising.

DISCUSSION

Among other behavioral changes in industrialized countries, a decrease in total sleep duration has been noted (13). Adolescents all over the world use computers and watch television for prolonged periods, postponing sleep onset and thus decreasing total sleep duration (16). In the current study we observed that obese students slept significantly less during the week than normal weight participants, but no differences were found on the weekend. Both groups responded to the sleep restriction during the week by compensating on the weekend. Observational studies conducted among children have shown sleep duration is negatively associated with BMI and obesity risk (6,8). Chen (5) observed that children who slept <10 hours had a 58% higher risk of overweight or obesity (combined OR=1.58; 95% CI 1.26-1.98). For every additional hour of sleep, the risk of overweight/obesity was reduced by 9% (OR=0.91; 95% CI 0.84-1). This result is similar to that in our study in which sleeping <10.5 hours during the week was associated with obesity (OR: 3.5, 95% CI 1.3-9.2). In a study conducted among Chinese adolescents, researchers showed that short sleep duration was significantly associated with greater adiposity and less lean mass in females (15). Another study demonstrated that sleeping more in the school-age period is a protective factor for obesity (OR=0.2, 95% CI 0.08-0.85) (9). The association between sleep duration and obesity and sex differences is supported by several studies (13), however we did not find these differences in our analysis. One possible explanation could be that girls are less affected by sleep duration than boys. From an evolutionary perspective, boys may be more vulnerable to environmental stress in childhood, compared to girls (16).

A national survey conducted in the U.S. (2005) showed that 45% of adolescents sleep less than the recommended amount (8 hours or more per night) and 31% are on the border. We found similar values in our study (46%). In our sample of school-age children, we also

found that as age increased, sleep duration decreased. Our findings are in line with those of a representative sample of U.S. adolescents conducted by the National Sleep Foundation in 2006 that found that sleep duration was primarily decreased because subjects were going to bed later (17).

A recent study has reported a positive association between physical activity and increased sleep duration in children (18). However we did not find any association between physical activity and sleep duration, albeit the higher sedentary behavior in our sample (79.6%) compared to other studies conducted in school-age children (11,19).

Caffeinated and soft drinks were consumed regularly in both groups before bed, but it is not possible to determine if this consumption has a possible disruptive role in sleep duration in obese children.

Strengths of this study include having a representative sample of public school children in Santiago and highly trained personnel carry out the anthropometric measurements. Several limitations must also be mentioned. Our study is cross-sectional, thus causality cannot be determined. We used self-reported measures to determine sleep duration, physical activity, and eating habits. This methodology may have introduced some bias. A final limitation is that screen time (television and/or computer) was not assessed. We consider this narrow age because Tanner staging assessment was not allowed to assess by school rules, hence a puberty assessment in this group could not be done. This is a limitation of our study.

CONCLUSION

Our results show that short sleep duration during the week (<10.5 hours) is associated with obesity in 6- to 10-year old school children and that obese children sleep less during the week compared to their normal weight peers. Further research is needed to understand the impact of lack of sleep on children obesity, but also public health obesity interventions should include messages associated with adequate sleep duration in children.

ACKNOWLEDGEMENTS

For their time and helpful suggestions, we thank all of the teachers that collaborated on this project.

REFERENCES

1. Sharma M. International school-based interventions for preventing obesity in children. *Obes Rev* 2007; 8: 155–67.
2. Herouvi D, Karanasios E, Karayianni C, Karavanaki K. Cardiovascular disease in childhood: the role of obesity. *Eur J Pediatr*. 2013;172(6):721-32.
3. Atalah E, Amigo H, Bustos P. Does Chile's nutritional situation constitute a double burden?. *Am J Clin Nutr*. 2014;100(6):1623S-7S.
4. Flodmark CF, Marcus C, Britton M. Interventions to prevent obesity in children and adolescents: a systematic literature review. *Int J Obes* 2006; 30: 579-89.
5. van Sluijs EM, McMinn AM, Griffin SJ. Effectiveness of interventions to promote physical activity in children and adolescents: systematic review of controlled trials. *BMJ* 2007; 335(7622):703.
6. Durán Agüero S, Haro Rivera P. Association between the amount of sleep and obesity in Chilean schoolchildren. *Arch Argent Pediatr*. 2016;114(2):114-119.
7. Cespedes EM, Hu FB, Redline S, Rosner B, Gillman MW, Rifas-Shiman SL, et al. Chronic insufficient sleep and diet quality: Contributors to childhood obesity. *Obesity (Silver Spring)*. 2016;24(1):184-90.
8. Chen X, Beydoun MA, Wang Y. Is sleep duration associated with childhood obesity? A systematic review and meta-analysis. *Obesity* 2008; 16(2): 265–74.
9. Zaqout M, Vyncke K, Moreno LA, De Miguel-Etayo P, Lauria F, Molnar D, et al. Determinant factors of physical fitness in European children. *Int J Public Health*. 2016. [Epub ahead of print]
10. Buxton OM, Cain SW, O'Connor SP, Porter JH, Duffy JF, Wang W, et al. Adverse metabolic consequences in humans of prolonged sleep restriction combined with circadian disruption. *Sci Transl Med* 2012; 4(129):129ra43.
11. Spiegel K, Tasali E, Leproult R, Scherberg N, Van Cauter E. Twenty-four-hour profiles of acylated and total ghrelin: relationship with glucose levels and impact of time of day and sleep. *J Clin Endocrinol Metab* 2011; 96(2):486-93.
12. Spiegel K, Tasali E, Penev P, Van Cauter E. Brief communication: Sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite. *Ann Intern Med* 2004; 141(11):846-50.
13. Magee CA, Iverson DC, Huang XF, Caputi P. A link between chronic sleep restriction and obesity: methodological considerations. *Public Health* 2008; 122:1373–81.
14. National Center for Health Statistics/Centers for Disease Control and Prevention (2000). 2000 CDC growth charts: United States. Available at: <http://www.cdc.gov/growthcharts/>.
15. Yu Y, Lu BS, Wang B, Wang H, Yang J, Li Z, et al. Short sleep duration and adiposity in Chinese adolescents. *Sleep* 2007; 30(12):1688-97.
16. Morselli LL, Guyon A, Spiegel K.. Sleep and metabolic function. *Pflugers Arch*. 2012;463(1):139-60.
17. National Sleep Foundation. Sleep in America Poll. Available at: http://www.sleepfoundation.org/sites/default/files/2006_summary_of_findings.pdf.
18. Khan MK, Chu YL1, Kirk SF, Veugelers PJ. Are sleep duration and sleep quality associated with diet quality, physical activity, and body weight status? A population-based study of Canadian children. *Can J Public Health*. 2015;106(5):e277-82.
19. Villagrán Pérez S, Rodríguez-Martín A, Novalbos Ruiz JP, Martínez Nieto JM, Lechuga Campoy JL. Hábitos y estilos de vida modificables en niños con sobrepeso y obesidad. *Nutr. Hosp* 2010;25(5): 823-31.

Recibido: 10-09-2016

Aceptado: 21-11-2016

Dietary patterns, nutritional profile, and body mass index in Mexican schoolchildren: A cross-sectional study

Victor Manuel Zamora-Gasga, Efigenia Montalvo-González, Guadalupe Flavia Loarca-Piña, Alejandra Martina Chacón-López, Juscelino Tovar, Sonia Guadalupe Sáyago-Ayerdi

Instituto Tecnológico de Tepic, Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, División de Estudios de Posgrado. Nayarit México. Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro México. Food for Health Science Centre. Lund University. MediconVillage.

SUMMARY. Childhood obesity is a serious public health problem in Mexico. In this study, childhood-specific dietary patterns and their relationship with overweight-obesity prevalence, nutrient profiles and types of foods consumed were studied. A descriptive cross-sectional study of 724 randomly selected schoolchildren between 9 to 12 years old from Nayarit State, Mexico was performed. Data on anthropometric characteristics and food intake were recorded. Seven dietary patterns and three specific diets were identified by multivariate analysis. A dietary pattern characterized by high legume, snack and low beverage intake was negatively associated with weight and body mass index. The overall overweight and obesity prevalence was 20.2% and 20.6%, respectively. Diet type significantly influenced ($p < 0.05$) protein, carbohydrates and fat intake but did not show correlation with the overweight-obesity status. Simple sugars, candies, pastries and sweetened beverages appeared in all dietary patterns. Dietary patterns in countries with a wide gastronomic diversity should be considered to design preventive nutrition intervention programs.

Key words: Nutrition, obesity, schoolchildren, energy Intake, food habits

RESUMEN. Patrones dietéticos, perfil nutricional, e índice de masa corporal en escolares mexicanos: Un estudio transversal.

La obesidad infantil es un problema de salud pública en México. En este trabajo, se estudiaron los patrones dietéticos de escolares mexicanos y su relación con la prevalencia de sobrepeso-obesidad, el perfil de nutrientes y los principales grupos de alimentos consumidos. Se llevó a cabo un estudio transversal descriptivo donde participaron 724 escolares seleccionados al azar de entre 9 a 12 años del Estado de Nayarit, México evaluándose las características antropométricas y la ingesta de alimentos. Siete patrones dietéticos y tres dietas específicas fueron identificados mediante análisis multivariado. Un patrón de dieta caracterizada por una alta ingesta de legumbres y aperitivos junto con una baja ingesta de bebidas azucaradas se asoció negativamente con el peso e índice de masa corporal. La prevalencia de sobrepeso y obesidad fue del 20.2 y 20.6%, respectivamente. El tipo de dieta influyó significativamente ($p < 0.05$) en la ingesta de proteínas, hidratos de carbono y el consumo de grasas, pero no mostró correlación con la condición de sobrepeso-obesidad. Los azúcares simples, dulces, postres y bebidas endulzadas aparecieron en todos los patrones dietéticos. Los patrones dietéticos en los países con una gran diversidad gastronómica podrían ser considerados de interés para diseñar programas de intervención nutricional preventiva.

Palabras clave: Alimentación, obesidad, escolares, ingesta de energía, hábitos alimenticios

INTRODUCTION

Mexico is among the twenty countries with the highest overweight and obesity prevalence in the world. At least 69.3% of Mexican adults are overweight, and 27.2% are obese (1). This problem also occurs in the Mexican childhood population. Overweight and obesity prevalence in school-aged Mexican children increased from 26.9% to 34.4% during the 1999 – 2012 period

and 25% of children are currently overweight(2). The rapid increase in the prevalence of overweight and obesity has prompted many explanations, including genetic predisposition, altered energy requirements, endocrine disruptors, and social, and economic factors (3). In this sense, it is clear that diet plays an important role in the development of this disorder. Traditionally, the Mexican diet was based on corn, beans, and chili peppers, which are cooked in different typical dishes, depending on the region, but they have been increasingly replaced by ready to eat meals, fast foods, as well as, commer-

cial carbonated and sugar sweetened beverages (4). Probably, a combination of lower real prices of food, changes in relative prices of different types of food and increased availability of highly processed, energy-dense, micronutrient-poor foods is responsible for such a drastic dietary change (5). In fact, Mexican schoolchildren have a high intake of fat, sugar (sucrose and fructose), soft drinks, and processed foods (6). The dietary patterns followed by preteen children had influence in their nutritional health not only during childhood, but also; during their teen years, as well as, in adulthood. Few studies have examined the association between dietary patterns and non-communicable diseases in the Mexican school population, and nowadays; is highly demonstrated that diets high in simple sugars may increase the risk of insulin resistance in children and adolescents (7). On the other hand, diastolic blood pressure, glucose, and triglycerides concentrations have been positively associated with the intake of soft drinks/sweetened beverages, and with high-fat dairy intake (6). However, these studies were focused mainly in the central area of Mexico and due to the extensive culinary diversity in the country, complementary studies in different regions are needed. Information about the relationship between dietary patterns, nutritional profile, and body mass index can be used to plan an efficient nutritional intervention to prepare dietary guidelines for children. The objective of this work was to identify the overall dietary patterns in the schoolchildren population (nine to twelve years old) in Nayarit State, and to determine the relationship between those dietary patterns, obesity, nutritional profile, and types of foods consumed.

MATERIALS AND METHODS

Study population

Public Education Services of Nayarit State (SEPEN), case report form and informed consent form approved the protocol of this descriptive cross-sectional study. Eleven public schools in the city of Tepic, Nayarit State, Mexico were selected randomly, 724 schoolchildren (9-12 years old, 302 boys and 422 girls) participated in the study. Daily food intake and anthropometric data were obtained. Informed consent was obtained from children and from their parents or tutors. The following data were collected: grade, gender, age, weight, height, and place of living.

Dietary assessment

Dietary intake was measured using two-day non-consecutive food records, where five meal food intakes were evaluated: breakfast, mid-morning meal, lunch, afternoon snack and dinner. The foods consumed were recorded in detail in order to obtain brand name and declared composition of commercial items, constituents of mixed dishes, etc. The assessments of quantity/volume, common household or other measures (plates, cups, spoons, etc.) were used. Nutrient intakes were calculated using the DIAL dietary analysis software (8). The DIAL food database was expanded adding the food composition of traditional Mexican foods and recipes (9, 10).

Dietary patterns identification

A total of 495 food items consumed by the participants were classified into 13 groups according to the DIAL software as follows:

- 1) Cereals; breakfast cereals, wheat flour, toast, white bread, bread, biscuits, sweet bread, paste, corn kernels, corn tortilla, rice, oats.
- 2) Legumes; soybeans, lentils, chickpeas, refried beans, boiled beans, green beans, pea.
- 3) Vegetables; carrot, purslane, green tomato, radish, green pepper, cucumber, potato, cactus, white cabbage, cilantro, chilli, white onion, squash, pumpkin, broccoli.
- 4) Fruits; Grape, pear, grapefruit, tamarind, watermelon, banana, dragon fruit, pineapple, raisins, orange, papaya, nanchi, melon, mango, apple, lemon.
- 5) Milk and dairy products; whole milk, lactose-free milk, evaporated milk, light milk, yogurt, milkshakes, cream, cheese.
- 6) Meat; beef, chicken, pork, sausage, bacon, belly, ham, liver, beef rib, turkey sausage, pork sausage, pork leg, chicken gizzards.
- 7) Fish and seafood; sawfish, salmon, sardines, octopus, snapper, oysters, marlin, dry shrimp, fresh shrimp and tuna.
- 8) Egg; whole and white egg.
- 9) Sugars, sweets, and pastries; sucrose, fructose, lollipops, artificial sweeteners, cakes, chocolate powder, chocolate bar, jam, gummy candy, gum, candy with chili.
- 10) Oils and fats; corn oil, sunflower oil, olive oil, lard, butter.
- 11) Beverages; purified water, coffee, tea, soda, natural and processed juices.
- 12) Snacks; corn chips, popcorn, potato chips, pumpkin seeds, peanuts, olive.
- 13) Sauces and seasoning; tomato puree, pepper, oregano, hot sauce, Worcestershire sauce, "pipian", vinegar, bay leaf, chicken broth, mint, cumin, cloves, garlic, salt.

Food group energy intakes (in kcal) were divided by the total energy intake in order to derive their rela-

tive energy contribution to the overall diet. In order to reduce data dimensionality a principal component analysis (PCA) was performed to determine the energy contributed by each food group to the extracted principal components (PC). Dietary patterns were extracted based on the correlation matrix. PC were calculated without rotation and the number of PC was based on eigenvalues >1.0 , identification of a break point in the scree plot, and interpretability. PC scores for each individual were calculated. Multiple regression analysis was used to test the relation between weight, BMI and PC score. Results were reported for the final model as standardized beta coefficient (b) and level of statistical significance ($p < 0.05$). Furthermore, k-means cluster analysis (KCA) with PC score was used to classify students in three diet types and to reveal meaningful dietary patterns, as well as, to identify food groups with higher caloric intake and to determine the relationship between diet and overweight-obesity status. Three-cluster solution was derived through KCA with a maximum number of iterations equal to ten. Initial cluster centers were obtained with sort distances and taking observations at constant intervals. Three clusters were selected because they were best interpretable and to check whether PCA and KCA extracted comparable patterns.

Anthropometric data

Trained personnel measured height and weight in scholars. Measurements were done in triplicate and the values were averaged. Height was measured using a stadiometer (SECA, Model 213, Hamburg Germany) and recorded to the nearest 0.1 cm. Weight was recorded to the nearest 0.1 kg using an electronic scale (SECA, Model 803, Hamburg Germany) with a capacity of 150 kg. Subjects were shoeless and wore light cloths. Body mass index (BMI) was calculated and subjects were classified as follows: BMI < 5 th percentile, underweight, 5 to 85th percentile, normal weight, > 85 th percentile, overweight and ≥ 95 th percentile obese (11).

Statistical analysis

Statistica Release version 8.0 (StatSoft. Inc., Tulsa, OK, USA) was used for data analysis. Continuous variables are presented as mean values \pm standard deviation, and categorical variables are shown as absolute frequencies. Contingency tables with calculation of χ^2 test evaluated associations between the categorical variables, while one-way analysis of variance was applied

for evaluating the associations between groups. P values < 0.05 were considered significant.

RESULTS

Factors of schoolchildren's dietary behaviors

Thirteen dietary patterns emerged from PCA, but only seven had Eigenvalues > 1 . This analysis explained 70.25 % of the variance in food group intake. Figures 1A and 2A show the PCA-loading matrix for the seven dietary patterns in the studied population. As higher absolute values indicate that the food variable contributes more to the development of the principal component (PC), dietary patterns showed the following characteristics: a pattern high in meat, oils and fats, low in cereals, milk and dairy products (PC 1); a pattern rich in vegetables, sauces, and seasonings, and low in sugar, sweets, pastries, oils, and fats (PC 2); a pattern characterized by high consumption of cereals, low consumption of vegetables, fruits, sugar, sweets, and pastries (PC3); a pattern characterized by high consumption of beverages and snacks, and low intake of egg (PC 4); and a pattern that represented important vegetables, fish, and seafood consumption (PC 5), legumes and beverages (PC 6), and high consumption of legumes and snacks, and low intake of beverages (PC 7). PCA was performed to obtain PC scores for each child subject. PC scores were used in the multiple regression and cluster analysis. Associations between PC's and weight or BMI were then evaluated with multiple regression analysis; the models are presented in Table 1. PC 5 was positively associated with weight (standardized β -coefficient = 0.124, $p < 0.01$) and BMI (standardized β -coefficient = 0.117, $p < 0.01$). PC 7 was negatively associated with weight (standardized β -coefficient = -0.077, $p = 0.04$) and with BMI (standardized β -coefficient = -0.073, $p = 0.04$). PC 4 was negatively associated with BMI (standardized β -coefficient = -0.064 $p = 0.01$)

Schoolchildren diets

Using cluster analysis, the schoolchildren were divided into three categories: Cluster 1 with 312 (43.1%) subjects, cluster 2 with 190 (26.2%) and Cluster 3 with the remaining 222 (30.7%). The PC scores are presented in Figure 1B and 2B. They were used to classify Mexican schoolchildren into three groups. PC 1, 3 and 4, obtained the highest score in Cluster 1 ($n=312$), which represents a diet high in meat, oils, cereals,

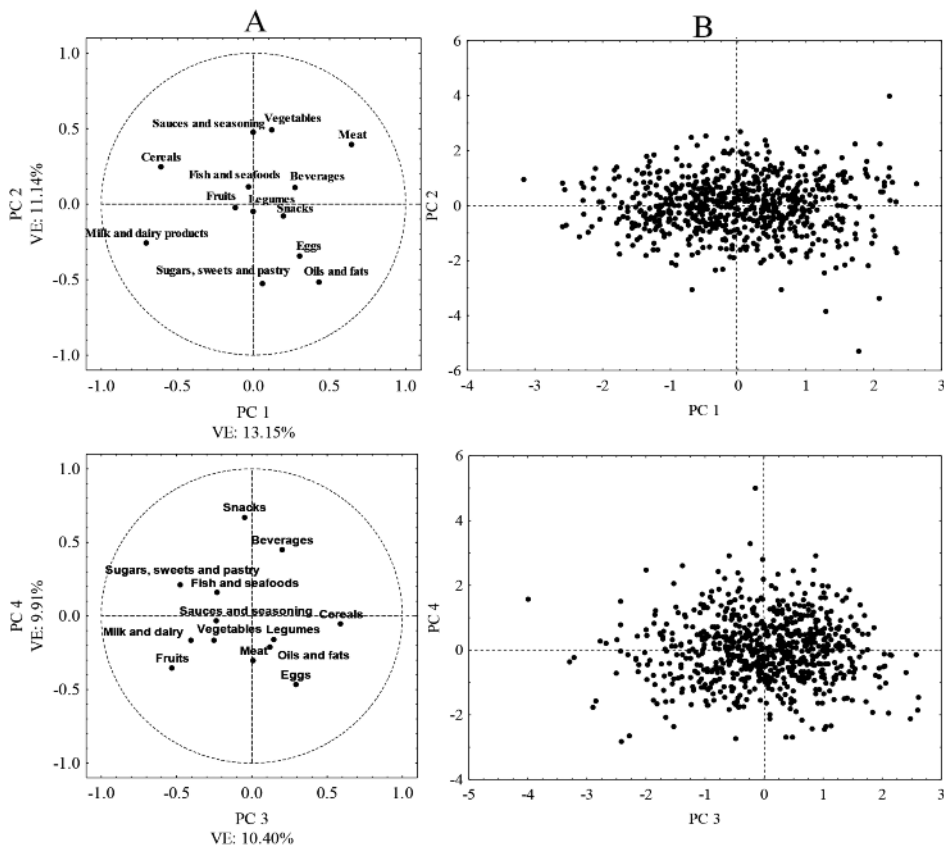


FIGURE 1. Principal component analysis (PCA) plots. (A) Loading plots for different food groups and (B) PCA scores plot for Mexican schoolchildren of the four principal components.

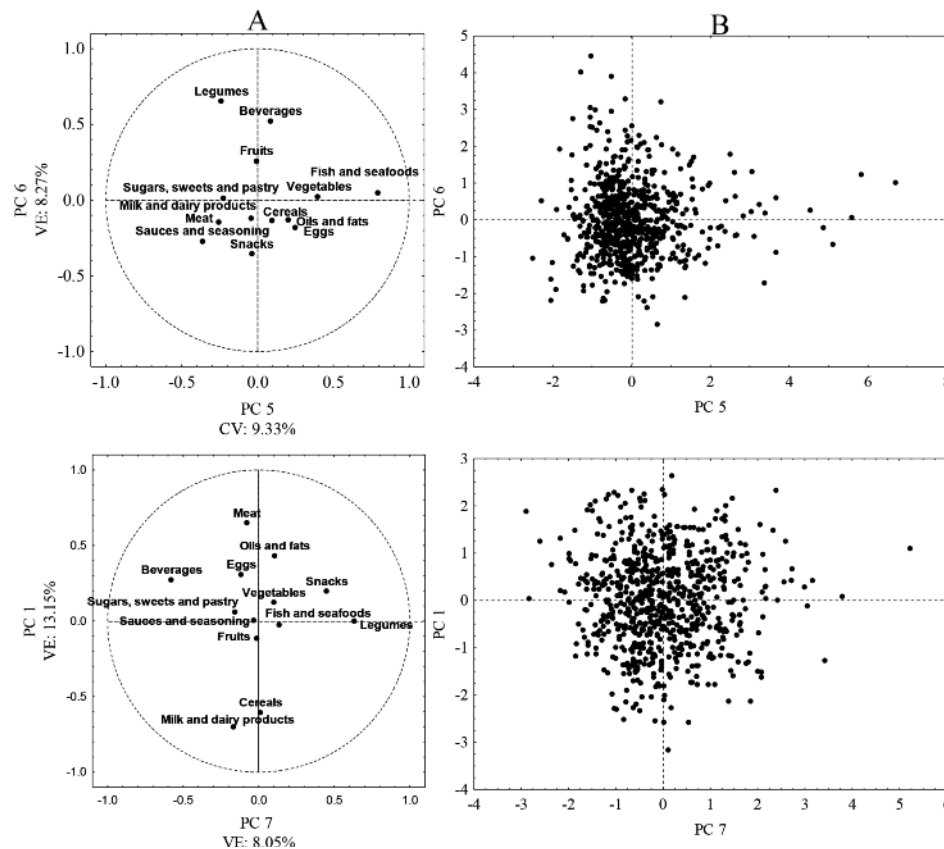


FIGURE 2. Principal component analysis (PCA) plots. (A) Loading plots for different food groups and (B) PCA scores plot for Mexican schoolchildren (PC 5, 6, and 7).

TABLE 1 Multiple regression analysis models exploring the association of principal components (PC) with weight and body mass index (BMI).

Variables*	Weight		BMI	
	Standardized β -coefficient	P	Standardized β -coefficient	P
Age (years)	-0.046	0.21	-0.041	0.27
PC 1	-0.001	0.97	0.011	0.76
PC 2	0.048	0.19	0.069	0.06
PC 3	-0.009	0.81	-0.019	0.60
PC 4	-0.064	0.08	-0.103	0.01
PC 5	0.124	< 0.01	0.117	<0.01
PC 6	-0.054	0.14	-0.037	0.31
PC 7	-0.077	0.04	-0.073	0.04

* PC description; 1, high in meat, oils and fats and low in cereals, milk and dairy products; 2, rich in vegetables, sauces and seasoning and poor of sugar, sweet, pastry and oils and fats; 3, high consumption of cereals and low consumption of vegetables, fruits, sugar, sweets and pastry; 4, high consumption of beverages and snacks and low intake of eggs; 5, vegetables, fish and seafood consumption; 6, legumes and beverage intake; 7: high consumption in legumes and snacks and low intake of beverages.

followed by meat, milk, and dairy products. Significant differences ($p < 0.05$) were found between each diet for these three food groups. The higher intake of legumes was found in “Traditional Mexican Diet” (8% intake) with significant differences ($p < 0.05$) compared with the other diets. In “Alternative Mexican Diet”, milk and dairy products represented the second most important energy source (24%), just below the cereals group (26%). Energy intake from meat was more frequent than fish and seafood (8 to 17 % vs 0.5 to 2% respectively) in all diets. The energy intake from sugars, sweets, and pastries was higher in “Alternative Mexican Diet” (9.8%), showing significant differences ($p < 0.05$) with “Modified and Traditional Mexi-

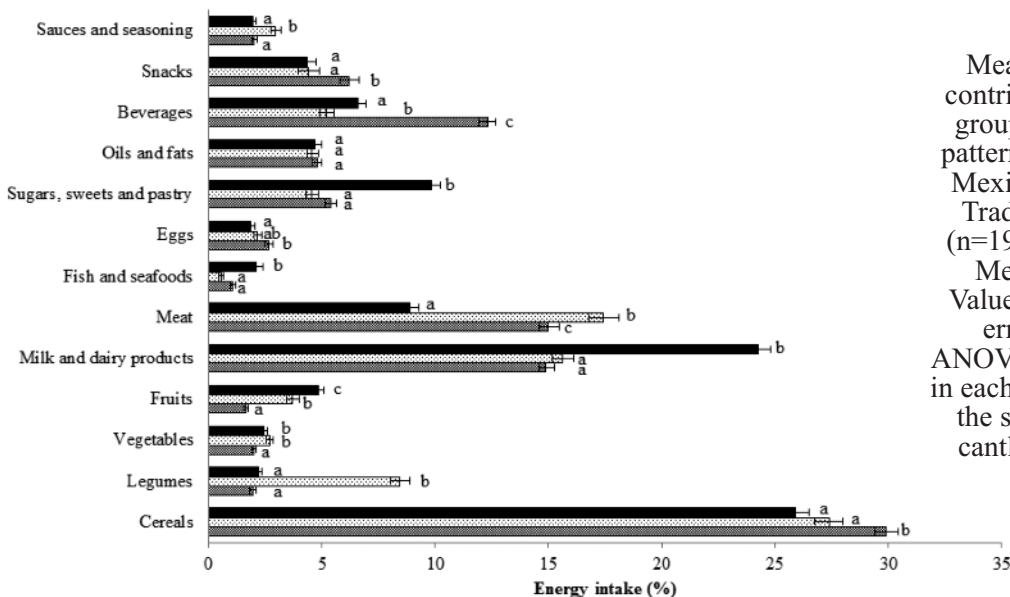


FIGURE 3

Mean percentage energy contribution from each food group according to dietary pattern groups: (■) Modified Mexican Diet (n=312), (●) Traditional Mexican Diet (n=190) and (■) Alternative Mexican Diet (n=222). Values are mean \pm standard error calculated using ANOVA test ($p < 0.05$). Means in each food group not sharing the same letter are significantly different ($p < 0.05$).

snacks and beverages. Thus, Cluster 1 was labeled as “Modified Mexican Diet”. PC 2, 6 and 7, had the highest score in cluster 2 (n=190), and was named as “Traditional Mexican Diet” with large intake of legumes, vegetables, snacks, sauces and seasonings. The cluster 3 (n=222) had a high score in PC 5, with increased consumption of fish and vegetables named as an “Alternative Mexican Diet”. Figure 3 shows the mean energy supplied by each food group to the three diet types. In general, the cereal group was the greatest energy source

can Diets” (5.3 and 4.5% respectively), although these types of foods were presented in all the diets. In the “Modified Mexican Diet”, beverages accounted for about 12% of total energy intake, being significantly different ($p < 0.05$) from the other diets. The highest levels of fruit and vegetable intakes were observed in the “Alternative and Traditional Mexican Diets” (4.8% and 2.7%, respectively), values that were significantly different ($p < 0.05$) compared with the “Modified Mexican Diet”. Sauces and seasoning intake showed sig-

TABLE 2 Characteristics of Mexican schoolchildren by dietary pattern groups.

	Modified	Traditional	Alternative	p value
Categorical Variables*				
n	312 (43.09)	190 (26.4)	222(30.66)	
Sex				0.102
Female	171 (40.52)	109 (25.83)	142 (33.65)	
Male	141 (46.69)	81 (26.82)	80 (26.49)	
School grade				0.060
4th	75 (36.95)	65 (32.029)	63 (31.03)	
5th	123 (44.09)	62 (22.22)	94 (33.69)	
6th	114 (47.11)	63 (26.03)	65 (26.86)	
Place of living				0.226
Urban	296 (43.02)	177 (25.73)	215 (31.25)	
Rural	16 (44.44)	13 (36.11)	7 (19.44)	
Nutritional state				0.700
Low weight	6 (28.57)	9 (42.86)	6 (28.57)	
Normal weight	177 (43.38)	105 (25.74)	126 (30.88)	
Overweight	61 (41.78)	39 (26.71)	46 (31.51)	
Obese	68 (45.64)	37 (24.83)	44 (29.53)	
Continuous variables†				
Age (years)	10.66 ± 0.05	10.74 ± 0.07	10.79 ± 0.06	0.318
BMI (kg/m ²)	20.13 ± 0.23	19.87 ± 0.31	20.19 ± 0.28	0.727
Total Energy intake (kcal/d)	1900.29 ± 26.99	1846.26 ± 36.36	1830.79 ± 33.77	0.228
Carbohydrate intake				
(g)	242.15 ± 4.13	224.06 ± 5.45	234.07 ± 4.60	0.025
% Energy intake	50.89 ± 0.43	48.20 ± 0.56	51.32 ± 0.45	<0.001
Protein intake				
(g)	64.31 ± 1.09	69.10 ± 1.36	64.11 ± 1.59	0.021
% Energy intake	13.59 ± 0.14	15.16 ± 0.17	14.05 ± 0.19	<0.001
Fat intake				
(g)	74.94 ± 1.30	74.85 ± 1.72	70.89 ± 1.63	0.109
% Energy intake	35.52 ± 0.36	36.64 ± 0.49	34.63 ± 0.39	0.007

* Categorical variables are presented as frequencies and percentages in parentheses for diet. P values calculated using Chi square test.

† Continuous variables are presented as mean ± standard error. p values calculated using ANOVA test.

nificant differences between “Traditional Mexican Diet” (3% intake) and “Modified and Alternative Mexican Diets” (2% intake). No significant differences ($p > 0.05$) were observed in eggs, snacks, oil and fats intakes among the different diet types.

Basic characteristics of Mexican schoolchildren Characteristics of schoolchildren by dietary pattern groups are shown in Table 2. Broadly, the prevalence of overweight was 20.2% and of obesity was 20.6%. In girls, 2.6% showed low weight, 59.7% had normal weight, 19.4% were overweight, and 18.2% were

obese. In boys, 3.3% had low weight, 51.7% had normal weight, 21.2% were overweight, and 23.8% were obese. Sex, school grade, living place and nutritional state did not show association with diet type ($p > 0.05$), 43% of the whole schoolchildren sample, 40.5% of girls and 56.7% of boys respectively, consumed the “Modified Mexican Diet”. Four in ten children with overweight or obesity consumed the “Modified Mexican Diet” and four in ten children with low weight consumed the “Traditional Mexican Diet”. No significant differences ($p > 0.05$) were found between age, BMI

and total energy intake. However, significant differences were found in protein, carbohydrates, and fat intakes among the various diet types ($p < 0.05$). Mean energy intake in the whole-cohort of schoolchildren was 1864.80 ± 492 kcal/day. Carbohydrates represented 50% of total energy intake (234.9 ± 72.57 g/day), protein 14% (65.51 ± 20.77 g/day), and fat 36% (73.67 ± 23.66 g/day). Meals with more total energy contribution in the day were breakfast 23% (467.44 ± 243 kcal/day), mid-morning meal 28% (568.42 ± 290 kcal/day) and dinner 23% (452.33 ± 225 kcal/day).

DISCUSSION

In this study, specific dietary patterns were identified in a cohort of Mexican school children living in Nayarit State using a combination of PCA and cluster analyses and the association of each PC with weight and BMI was evaluated. Seven dietary patterns emerged and three diet types were identified: “Modified Mexican”, “Traditional Mexican” and “Alternative Mexican”. Positive and negative associations between weight and BMI, and dietary pattern intake were also observed. Interestingly, elevated BMI was associated to PC 5 (fish, moderate vegetable, oils and fats, and low consumption of legumes, meat and sauces and seasoning), something that does not agree completely with the generally accepted beneficial impact of vegetables or fish on health (12). This apparent paradox may be explained by the occurrence of interactions between different food groups in the PC. Also, both “Modified” and “Alternative” Mexican diets imply a relatively low legume intake (3%) compared with the “Traditional Mexican Diet”, where legumes constitute 8% of the daily intake. Thus, the two dietary patterns characterized by a low intake of legumes and high intake of oils and fats may lead to the elevated BMI values recorded. Additionally, the form of preparation of different dishes, both at household level and away from home, may have influence on body mass and composition of schoolchildren.

Previous studies have suggested a negative influence of away-from-home food consumption on obesity among all age groups, due to high energy, saturated and total fat content (13). A high intake of legumes and snacks, together with low sweet beverage consumption were associated with decreased weight and BMI. Legumes (eg, beans, lentils, chickpeas) have

low fat content and are good sources of dietary fiber and protein, and provide important levels of slowly digestible carbohydrates (14). Several epidemiological studies have shown that dietary patterns corresponding to high legume intake are associated with protection against heart disease (15). We observed an association between high intake of snacks and low BMI. The energy intake from snacks in this study ranged between 4 and 6 % total energy. This value was lower than those found in an investigation in American children (more than 27% of total energy), although in that study desserts and sweetened beverages were considered as snack (16). Evidently, the criteria used for classifying different items in food groups may be of importance when establishing comparisons with other populations. Additionally, the high consumption of whole milk and dairy products could be associated with the lipid profile showed by Mexican children. A decrease in whole milk intake accompanied by an increase in sugar-sweetened beverages could be contributing to obesity development. Nonetheless, consumption of milk and dairy products low in fat with added micronutrients could reduce obesity risk (17). Fruits and vegetables have been considered rich sources of some essential dietary micronutrients, polyphenols and dietary fiber. Although fruits and vegetables intake in this study may be considered low, it was not associated with increased BMI values. On the other hand, it has long been recommended reducing the intake of red meat, mainly due to its high content of saturated fatty acids; however, we found no relationship between this food group and increased weight or BMI values. In this sense, lean red meat can lead to decreased levels of ghrelin (a hormone that stimulates hunger) and increased secretion of the hunger-reducing hormones glucagon-like peptide-1 (GLP-1) and peptide YY (PYY) (18). In the present study no relationship between overweight-obesity status and diet types was found. Multiple factors influence overweight and obesity status in children, including mothers’ obesity, low physical activity, skipping breakfast, habitual overeating, father’s overweight and mother’s age over 40 years (3). Recently, the R230C variant of ABCA1 (cholesterol transporter) was associated with high circulating triglyceride and reduced high-density lipoprotein cholesterol levels in overweight/obese Mexican schoolchildren (19). Those observations suggest a genetic factor associated with the development of obesity in this population, although larger studies are needed

to validate this finding (19). BMI has been linked to the development of non-transmissible diseases in childhood and children with a BMI \geq 85th percentile and waist circumference \geq 88.08 cm have greater risk for prehypertension and metabolic syndrome (20). Interestingly, we did not find a significant correlation between overweight-obesity status and the type of diets. However, we found here that the diet type influenced the nutrient intake profile and the intake of different food groups. Importantly, the observed differences in intake of certain food groups on the various diets were of a reasonable magnitude (i.e. “Modified Mexican” 5.7 % higher for beverages; “Traditional Mexican” 8 % higher in legumes, and “Alternative Mexican” 8.5 % higher in milk and dairy products). If such differences persist after childhood they are likely to have important consequences for the children’s health outcomes, given that dietary habits have been shown to track over the life course. Considering this, it is important that children develop skills at early life, which enable them to choose healthy foods in less structured environments, such as away from home or off school setting, so that these practices can continue into adulthood (21). In Australian schoolchildren, consumption of vegetables and fruits was higher in school days compared to non-school days, due to the existence of school-based interventions encouraging fruit and vegetable breaks and/or providing subsidized fruit and vegetables (22). In recent years, healthy diets and physical activity have been promoted in Mexican education system, programs that have contributed to control the prevalence of obesity in schoolchildren (23). However, these actions have been conducted mainly in central Mexico, specifically, Mexico City. The information on dietary patterns identified in this work can be used to plan a nutritional intervention and prepare healthy dietary guidelines for specific regions, and possibly to take into account at a larger national scale, considering the diversity in foods preparations. As far as we know, this study is the first to examine the association between dietary patterns and overweight-obesity occurrence in schoolchildren in western Mexico. The combination of several multivariate techniques proposed in this work allowed to improve understanding of relationships of obesity and dietary patterns. Several limitations need to be considered in the interpretation of present data. Besides the relatively small sample size, dietary recalls are known to leave margin for inaccuracy. Moreover,

the cross-sectional design (two-day recall) of the study also limits the interpretation of our findings in terms of its temporality. The classification into 13 food groups may have generalized the effects of dietary patterns; a larger number of food groups could provide more specific information on the influence of food items. The dietary pattern approach can create difficulties in replicating results in other populations. Nevertheless, this approach is useful for enhancing our understanding of the complex dietary variables involved in the development of non-communicable diseases. Further interventional and/or longitudinal studies are necessary to confirm here-presented findings.

CONCLUSION

The use of a combination of cluster analysis via principal component analysis gave seven dietary factors and emerged three different diets: Traditional, Modified and Alternative Mexican Diets. A dietary pattern characterized by high legume, snack and low beverage intake was negatively associated with weight and BMI, suggesting that the Traditional Mexican dietary pattern could lead to reduced prevalence of overweight and obesity among schoolchildren. An unclear relationship between overweight-obesity status and diet types was found. The macronutrient intake profile of schoolchildren is dependent on the type of diet consumed. The energy intake from sugars, sweets, pastries and sweetened beverages appears in all dietary patterns. New policies for the combat of overweight and obesity prevalence in Mexican schoolchildren should be considered, including the design of nutrition intervention program customized to the dietary patterns of each geographic zone.

Acknowledgements Special thanks to the children participants and their parents, to Public Education Services of Nayarit State (SEPEN) and to all the teachers who readily consented to carry out the study during school hours. VMZ-G acknowledges CONACYT, Mexico, for a scholarship (Registration number: 253795).

REFERENCES

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, Mullany EC, Biryukov S, Abbafati C, Abera SF. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden

- of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384(9945):766-81.
2. Romero-Martínez M, Shamah-Levy T, Franco-Núñez A, Villalpando S, Cuevas-Nasu L, Gutiérrez J, Rivera-Dommarco J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. *Salud Publica Mex*. 2013;55.
 3. Vanhala M, Korpelainen R, Tapanainen P, Kaikkonen K, Kaikkonen H, Saukkonen T, Keinänen-Kiukaanniemi S. Lifestyle risk factors for obesity in 7-year-old children. *Obes Res Clin Pract* 2009;3(2):99-107.
 4. Astudillo O. Country in Focus: Mexico's growing obesity problem. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2014;2(1):15-6.
 5. Popkin BM, Adair LS, Ng SW. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutr Rev*. 2012;70(1):3-21.
 6. Perichart-Perera O, Balas-Nakash M, Rodríguez-Cano A, Muñoz-Manrique C, Monge-Urrea A, Vadillo-Ortega F. Correlates of dietary energy sources with cardiovascular disease risk markers in Mexican school-age children. *J Am Diet Assoc*. 2010;110(2):253-60.
 7. Romero-Polvo A, Denova-Gutiérrez E, Rivera-Paredes B, Castañón S, Gallegos-Carrillo K, Halley-Castillo E, Borges G, Flores M, Salmerón J. Association between Dietary Patterns and Insulin Resistance in Mexican Children and Adolescents. *Ann Nutr Metab*. 2012;61(2):142-50.
 8. Ortega R, López-Sobaler A, Andrés P, Requejo A, Aparicio Vizúete A. DIAL software for assessing diets and food calculations. 2.16 ed. Madrid, España: Departamento de Nutrición (UCM) and Alce Ingeniería, S.L; 2012.
 9. Pérez AB, Palacios G, Castro B. Sistema mexicano de alimentos equivalentes. 3 ed. México, DF: Fomento de Nutrición y salud AC; 2008.
 10. De Chávez MM, Solano JAL. Composición de alimentos: valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo. Mexico DF: McGraw-Hill; 2010.
 11. Barlow SE, Committee atE. Expert Committee Recommendations Regarding the Prevention, Assessment, and Treatment of Child and Adolescent Overweight and Obesity: Summary Report. *Pediatrics*. 2007;120(Supplement 4):S164-S92.
 12. Trichopoulou A, Martínez-González MA, Tong TY, Frouhi NG, Khandelwal S, Prabhakaran D, Mozaffarian D, de Lorgeril M. Definitions and potential health benefits of the Mediterranean diet: views from experts around the world. *BMC medicine*. 2014;12(1):1.
 13. Gorgulho BM, Fisberg RM, Marchioni DML. Nutritional quality of major meals consumed away from home in Brazil and its association with the overall diet quality. *Prev Med*. 2013;57(2):98-101.
 14. Sáyago-Ayerdi SG, Tovar J, Zamora-Gasga VM, Bello-Pérez LA. Starch digestibility and predicted glycaemic index (pGI) in starchy foods consumed in Mexico. *Starch - Stärke*. 2014;66(1-2):91-101.
 15. Clifton PM. Legumes and Cardiovascular Disease. In: Watson RR, Preedy VR, editors. *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables*. Oxford, UK: Academic Press; 2009. p. 449.
 16. Rivera JA, Barquera S, González-Cossío T, Olaiz G, Sepúlveda J. Nutrition Transition in Mexico and in Other Latin American Countries. *Nutr Rev*. 2004;62:S149-S57.
 17. Rosado JL, Garcia OP, Ronquillo D, Hervert-Hernández D, Caamaño MdC, Martínez G, Gutiérrez J, García S. Intake of milk with added micronutrients increases the effectiveness of an energy-restricted diet to reduce body weight: a randomized controlled clinical trial in Mexican women. *J Am Diet Assoc*. 2011;111(10):1507-16.
 18. Batterham RL, Heffron H, Kapoor S, Chivers JE, Chandarana K, Herzog H, Le Roux CW, Thomas EL, Bell JD, Withers DJ. Critical role for peptide YY in protein-mediated satiation and body-weight regulation. *Cell Metab* 2006;4(3):223-33.
 19. Gamboa-Meléndez MA, Galindo-Gómez C, Juárez-Martínez L, Gómez FE, Diaz-Diaz E, Ávila-Arcos MA, Ávila-Curiel A. Novel Association of the R230C Variant of the ABCA1 Gene with High Triglyceride Levels and Low High-density Lipoprotein Cholesterol Levels in Mexican School-age Children with High Prevalence of Obesity. *Arch Med Res*. 2015;46(6):495-501.
 20. Perichart-Perera O, Balas-Nakash M, Schiffman-Selechnick E, Barbato-Dosal A, Vadillo-Ortega F. Obesity increases metabolic syndrome risk factors in school-aged children from an urban school in Mexico City. *J Am Diet Assoc*. 2007;107(1):81-91.
 21. Lake AA, Adamson AJ, Craigie AM, Rugg-Gunn AJ, Mathers JC. Tracking of dietary intake and factors associated with dietary change from early adolescence to adulthood: the ASH30 study. *Obes Facts*. 2009;2(3):157-65.
 22. Grimes CA, Riddell LJ, Nowson CA. Nutrient and core and non-core food intake of Australian schoolchildren differs on school days compared to non-school days. *Appetite*. 2014;83(0):104-11.
 23. Safdie M, Lévesque L, González-Casanova I, Salvo D, Islas A, Hernández-Cordero S, Bonvecchio A, Rivera JA. Promoting healthful diet and physical activity in the Mexican school system for the prevention of obesity in children. *Salud Publica Mex*. 2013;55(3):S357-S73.

Recibido: 14-07-2016

Aceptado: 15-11-2016

Aceptabilidad de un atole fortificado con 21 micronutrientes e impacto en la salud y nutrición de niños menores de 6 años de edad en la Ciudad de Guatemala

Ana M. Palacios, Lisa M. Villanueva, Diana Cuy-Castellanos, Gregory A. Reinhart

The Mathile Institute for the Advancement of Human Nutrition, Dayton OH, Estados Unidos.
Ciudad de Guatemala, Guatemala. School of Education and Health Sciences,
University of Dayton, Dayton, OH, Estados Unidos

RESUMEN. Con el objetivo de reducir la desnutrición crónica de niños que asisten 6 jardines infantiles en la Ciudad de Guatemala, se utilizó una bebida a base de soya y maíz como vehículo para el aporte de 21 micronutrientes con niveles elevados de hierro (12mg) y zinc (9mg) y se ofreció a 747 niños entre los 6 meses y 6 años. Se realizó seguimiento antropométrico cada 3m, Hb cada 6m y se registró el número de episodios de enfermedad diarreica aguda e infección respiratoria aguda a lo largo de la intervención. Un ANOVA longitudinal de medidas repetidas demostró que la media de la Hb mejoró de manera significativa a los 6 y 12m de recibir la bebida fortificada (11,26, 11,64, y 11,89g/dL, respectivamente), $p<0,01$; la prevalencia de anemia disminuyó 44,2% después de 12m, $p<0,01$; la media del puntaje z de talla para la edad también mejoró, -1,25 (0m) y -1,07 (12m), $p<0,01$; la prevalencia de retardo del crecimiento disminuyó 25% a los 12m. Se observó una disminución significativa en la prevalencia de infección respiratoria aguda y no se observaron cambios en la prevalencia de diarrea. Un estudio de aceptabilidad demostró que los niños consumen más del 98% del producto. Los resultados sugieren que la intervención con el atole fortificado mejora el estado nutricional y de salud de los niños. El producto es aceptado por los niños y el personal de los jardines infantiles.

Palabras clave: Atole fortificado, retardo de crecimiento, anemia, infección respiratoria aguda, enfermedad diarreica aguda, preescolar.

SUMMARY. Acceptability of a 21 micronutrient-fortified atole and its impact on health and nutrition in children under 6 years of age from Guatemala City. With the aim to reduce chronic undernutrition in children that attended 6 Guatemala City daycare centers, a corn and soy-based beverage was used as a vehicle to provide 21 micronutrients and high concentrations of iron (12mg) and zinc (9 mg) and was provided to 747 children aged 6 to 72 months. Children were followed for anthropometry every 3m, hemoglobin every 6m, and episodes of acute diarrhea and respiratory tract infections were registered throughout the intervention. A longitudinal Repeated Measures ANOVA demonstrated that mean hemoglobin significantly improved at 6 and 12m of receiving the beverage (11.26, 11.64, and 11.89g/dL, respectively), $p<0.01$; the prevalence of anemia decreased by 44.2% after 12m, $p<0.01$; mean height-for-age z score improved from -1.25 (0m) to -1.07 (12m), $p<0.01$; the prevalence of stunting decreased by 25% after 12m. A significant decrease in the prevalence of acute respiratory infection was observed. No changes were observed in the prevalence of diarrhea. Moreover, an acceptability study showed that children consumed more than 98% of the atole. These results suggest that this nutrition intervention with the fortified atole improves the health and nutritional status of children. The product is widely accepted by the children and staff at the nurseries.

Key words: Fortified atole, stunting, anemia, acute respiratory tract infection, acute diarrhea, preschool.

INTRODUCCIÓN

En el 2015, la prevalencia global de desnutrición crónica o retraso de crecimiento (baja estatura/talla o altura para la edad) fue de 23,2% (1). Guatemala continúa presentando la prevalencia más elevada de desnutrición crónica en la zona de América Latina y el Caribe (46,5%), y una prevalencia de desnutrición aguda baja, de 1,0% o menor (2). El impacto de la desnutrición en etapas tempranas de la vida puede marcar

de manera importante el presente y futuro de los individuos, con efectos perjudiciales a corto y largo plazo. Los niños con desnutrición presentan una mayor morbilidad, y la severidad y duración de las enfermedades es mayor (3). El crecimiento óptimo durante la infancia está asociado a un menor riesgo de padecimiento de enfermedades crónicas del adulto; se ha demostrado que individuos con una nutrición adecuada durante la infancia presentan un nivel de escolaridad más elevado, ganancias salariales más altas, mayor pro-

ductividad económica y mejor capital humano en general (4, 5).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), las intervenciones nutricionales deben ser pensadas y dirigidas a las diferentes realidades de cada país y/o región y deben tener en cuenta las necesidades, gustos y prácticas culturales de los individuos para ser efectivas. Stoltzfus (6) resalta la necesidad de ampliar programas efectivos en la reducción de la deficiencia de micronutrientes y en realizar la evaluación de impacto de distintas intervenciones para la reducción de la anemia y las deficiencias de micronutrientes. En respuesta a la realidad centroamericana, en donde hay altos niveles de pobreza, las dietas son fundamentalmente basadas en alimentos de origen vegetal, y algunas prácticas culturales se relacionan con las innumerables causas que contribuyen a la limitada ingesta de nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de los menores de 5 años (7), especialmente durante el período de alimentación complementaria. El objetivo de esta investigación fue realizar una evaluación del impacto de una intervención nutricional utilizando un atole con niveles de fortificación elevados de hierro y zinc de alta biodisponibilidad (Tabla 1) y su aceptabilidad en 6 jardines infantiles de la Sociedad Protectora del Niño en la Ciudad de Guatemala y explorar la posibilidad de adopción a largo plazo en los jardines infantiles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Producto: Con el objetivo de incrementar el consumo de micronutrientes en niños de 6 meses (m) a 6 años, se utilizó una bebida (atole) a base de harina de maíz (64%) y soya (30%) extruidos como vehículo para aportar 21 vitaminas y minerales. El producto final se denomina Chispuditos®, y contiene niveles más elevados de hierro (12mg) y zinc (9mg) que otros productos disponibles en la región, incluyendo la Incaparina® (Tabla 1). Estos minerales se encuentran aminoquelados, lo que incrementa su biodisponibilidad, puesto que al estar unidos a un aminoácido, hay menor interferencia por parte de las enzimas fitasas presentes comúnmente en los cereales, tienen menor interacción entre sí y las interacciones entre estos minerales son menores (8, 9).

Intervención nutricional: Niños y niñas entre los 6 meses y 6 años que atendieron los jardines infantiles

de la Sociedad Protectora del Niño de la Ciudad de Guatemala recibieron 18,75g de producto seco disuelto en 237mL 1-taza) de agua hervida y 1 cucharada de azúcar. Los participantes menores de 2 años recibieron media taza (118.5mL) en la mañana y el resto en la tarde. Los niños mayores de 2 años recibieron la porción completa como merienda matutina durante 5 días de la semana. Con el fin de controlar la ingesta de otros alimentos durante la intervención como potenciales factores de confusión que pudieran influir en la mejora del estado nutricional, la alimentación que los niños recibieron el año anterior a comenzar a recibir la intervención en los jardines infantiles no cambió. El aporte energético diario fue de aproximadamente el 85%, se cubrió el 100% del requerimiento proteico diario de acuerdo, de acuerdo con las recomendaciones del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (10).

Antropometría y Hemoglobina: Bajo la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Francisco Marroquín, y con el objetivo de evaluar el impacto de la intervención nutricional se desarrolló un ensayo clínico no controlado observacional longitudinal y prospectivo que comenzó en Julio de 2013, donde se invitaron a participar a todos los niños que asistían a los jardines infantiles amparados por la sociedad protectora del niño en la Ciudad de Guatemala, cuyos padres permitieran la participación en el estudio, hubieran firmado el consentimiento informado, y que no presentaran ninguna enfermedad o condición que pudiera interferir con el crecimiento y desarrollo del niño. Un total de 747 niños completaron 12m de intervención nutricional con mediciones de peso y talla cada 3m y de hemoglobina (Hb) cada 6m. La toma de peso se realizó utilizando una balanza con precisión de 100g con el niño vistiendo el mínimo de ropa y siguiendo protocolos establecidos (11). La longitud se midió en los niños menores a 24m con un infantómetro Seca 210®, y la talla se midió en los mayores a 24m con un tallímetro Seca 213®. Todas las medidas se realizaron con previa calibración de los instrumentos de medición y el personal fue entrenado y las técnicas estandarizadas. El margen de error de medición de los examinadores fue <100g o <0.5cm para peso y talla, respectivamente. La toma de Hb se realizó utilizando Hemocue Hb 201® siguiendo las especificaciones de manufactura del instrumento.

La Hb se ajustó de manera individual de acuerdo a una elevación media de 1500m sobre el nivel del mar

(-0,5 g/dL) y se utilizaron los puntos de corte para anemia apropiados para la edad: 11,0g/dL para niños <60m y 11,5g/dL para niños ≥60m (12). Los puntajes z de longitud o estatura (talla) para la edad (T/E), e índice de masa corporal para la edad (IMCE) se calcularon utilizando el programa OMS/Anthro Plus® Versión 1.0.4, 2011.

Morbilidad: Retrospectivamente se examinaron los reportes médicos desde 3m antes de comenzar la intervención hasta completar los 12m, en que médicos generales y/o pediatras registraron los episodios de infección respiratoria aguda (IRA) donde se incluyeron los siguientes diagnósticos: otitis media, laringitis, faringitis, amigdalitis, sinusitis, bronquitis, y neumonía; y se examinaron los reportes médicos de enfermedad diarreica aguda (EDA, definida como 3 deposiciones sueltas o líquidas o más frecuentes de lo normal). Un episodio de diarrea se considera que terminó cuando pasaron 48h sin diarrea. La prevalencia de episodios de IRA y EDA se comparó los 3m antes de comenzar la intervención con los meses homólogos correspondientes a los 10, 11 y 12 después de línea de base, para evitar posibles sesgos secundarios a la estacionalidad.

Estudio de sobras: Para calcular el promedio de atole que se preparó, que no se sirvió y que no se consumió, se realizó un estudio de sobras en 3 de los 6 jardines infantiles. Dos investigadores asistieron durante dos días no consecutivos a tres jardines infantiles para medir el volumen del atole preparado, servido, no consumido y no servido utilizando un kit de distintos tamaños de cilindros graduados EISCO® siguiendo las instrucciones de manufactura de acuerdo al volumen medido, y el volumen se corroboró con el peso del líquido utilizando una balanza digital para cocina MyWeight® previamente calibrada a manera de control de calidad de la medición y precisión y los pesos se realizaron en duplicado. La media de los coeficientes de variación entre el volumen del atole y el peso correspondiente fue de 4,8%.

Análisis de la aceptabilidad y proceso de adopción de Chispuditos en los jardines infantiles

Con el fin de evaluar la aceptabilidad del Chispuditos, las percepciones de las directoras, ecónomas y niñeras frente al atole Chispuditos, y el proceso de adopción del atole en los jardines infantiles, personal previamente entrenado realizó 18 entrevistas semiestructuradas. Las entrevistas se grabaron en audio, se transcribieron y clasificaron en una base de datos por

temas, siguiendo la metodología propuesta en la “teoría de la difusión de la información” (13). A través de esta metodología se examinó la ventaja relativa del atole, posibilidad de observación, compatibilidad, posibilidad de ensayar el atole y la complejidad de la utilización del atole Chispuditos en los jardines como alternativa para proveer micronutrientes, y posteriormente se realizó un análisis fenomenológico siguiendo las pautas establecidas por Creswell (14).

Análisis estadístico: se realizó un análisis longitudinal utilizando el paquete estadístico IBM-SPSS versión 22. La estadística descriptiva se presentó como frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar. Para las variables continuas se realizaron comparaciones de las medias en línea de base (0m) y seguimiento a los 6 y 12m a través de un modelo de varianza de medidas repetidas (ANCOVA) y post hoc tests de Bonferroni. Para las variables categóricas se utilizó el Chi Cuadrado. Se utilizó un ANOVA de diseño mixto para examinar la Hb en línea de base, 6 y 12 meses. Los efectos principales para los cambios de HB y la interacción entre la Hb y el puntaje z de talla para la edad se examinaron a lo largo del transcurso de los 12 meses.

RESULTADOS

Un total de 747 niños completaron 12 meses de intervención nutricional. El promedio de edad general al inicio de la intervención fue de 3,9 años ±1,4 y la distribución por sexos fue similar, con el 50,7% de niñas y el 49,3% de niños. Todos los participantes viven en el casco urbano de la Ciudad de Guatemala.

La media de la Hb mejoró de manera significativa al recibir la bebida fortificada (11,26; 11,64 y 11,89g/dL, a los 0, 6 y 12m, respectivamente ($p<0,01$) (Tabla 2 y Figura 1). Asimismo, la prevalencia de anemia se disminuyó en un 44,2% después de 12m de recibir el atole ($p<0,001$) como se muestra en la Tabla 3. La Figura 2 muestra que la media del puntaje z de talla para la edad a lo largo de la intervención se incrementó de manera significativa (-1,25 en línea de base, -1,07 a los 12m), ($p<0,01$); y la prevalencia del retardo de crecimiento se disminuyó en un 25% después de 12m. Se evidenció una disminución significativa en la prevalencia de IRA; sin embargo, no se observaron cambios en la prevalencia de diarrea, como se observa en la Figura 3.

TABLA 1. Lista de micronutrientes y cantidades por porción de Chispuditos.

Nutriente	Valor Por Porción	Nutriente	Valor Por Porción
Proteína, g	4		
Energía, Kcal	70		
Grasas, g	1		
Vitamina A, µg	250	Fósforo, mg	150
Vitamina E, mg	5	Magnesio, mg	40
Vitamina D3, µg	5	Zinc, mg	9
Vitamina C, mg	40	Cobre, µg	300
Tiamina, mg	0.5	Hierro, mg	12
Niacina, mg	6	Yodo, µg	90
Piridoxina (B6), mg	0.5	Selenio, mg	17
Ácido fólico, µg	160	Manganeso, mg	0.17
Ácido pantoténico, mg	1.8	Calcio, mg	200
Riboflavina, mg	0.5		
Vitamina B12, µg	0.9		
Biotina, µg	8		

TABLA 2. Promedios y desviaciones estándar de antropometría y de Hb en niños según tiempo de intervención nutricional.

Variable	Tiempo (meses)					
	0		6		12	
	Media (DE)	p (0-6m)	Media (DE)	p (6-12m)	Media (DE)	p (0-12 m)
T/E (n=604)	-1,25 (1,02)	<0,01	-1,17 (0,98)	<0,01	-1,07 (0,96)	<0,01
IMC/E (n=628)	0,61 (0,97)	0,17	0,66 (0,98)	<0,01	0,41 (0,95)	<0,01
Hb (n=653)	11,26 (1,17)	<0,01	11,64 (1,08)	<0,01	11,89 (1,05)	<0,01

Figura 1. Promedio de Hemoglobina (g/dL) n=746

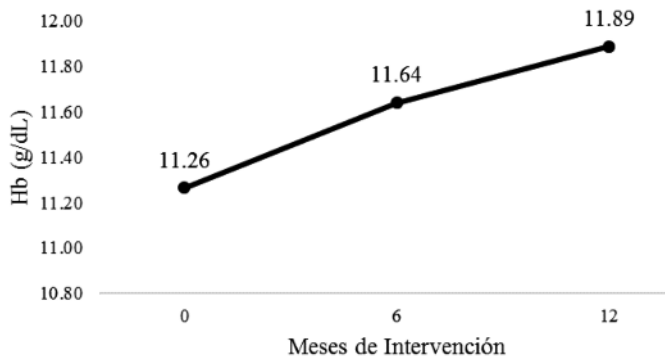


FIGURA 1. Promedio de Hb (g/dL) según tiempo de intervención (meses)

Se encontró una interacción significativa entre el crecimiento lineal y la Hb. Aquellos niños con mayor crecimiento lineal presentaron concomitantemente una mejoría significativa de la Hb durante la intervención: Hb-0m: $11,80 \pm 1,17$ g/dL; Hb-6m: $12,15 \pm 1,00$ g/dL y Hb-12m: $12,46 \pm 1,08$ g/dL. $F(2, 1294) = 2,98$ ($p = 0,05$). En la Tabla 4 se presenta la ganancia de talla y peso estratificada por edad y se compara con los hallazgos publicados por Schroeder et al., (15).

Proceso de adopción de la innovación:

Para analizar el proceso de adopción del atole en los jardines infantiles se utilizó la teoría de la difusión de la información (TDI). Con relación al atole, los siguientes cinco constructos fueron utilizados para el análisis: posibilidad de observación, ventaja relativa, posibilidad de ensayo, compatibilidad y complejidad. En la categoría “posibilidad de observación”, las directoras, ecónomas, maestras y niñas mencionaron que desde que este atole se ofrece en el jardín se ha observado una mejora importante en el estado nutricional y de salud, el nivel de actividad, aprendizaje y atención, entre otras características en los niños al compararlo con el atole fortificado que recibían con anterioridad, lo que proporciona también una ventaja relativa en comparación con el atole fortificado anterior. Para la categoría “posibilidad de ensayo” los jardines infantiles tuvieron la oportunidad de ensayarlo durante el transcurso de un año, tiempo durante el cual aprendieron a prepararlo y probarlo. Dentro de los comentarios generales del personal sobresale que sería beneficioso que los padres pudieran tener acceso al atole en otros contextos. En la categoría de “compatibilidad” se percibe que el atole fortificado es bastante similar a otros atoles disponibles en Guatemala, el tiempo de preparación es el mismo y el producto es de buen sabor. Dentro de las diferencias que se identificaron en comparación con el atole que los niños recibían con anterioridad, la consistencia y la preparación fueron las más mencionadas, debido a que la preparación de este atole fortificado requiere de la medición de cantidades específicas de líquido y

producto seco y la consistencia es más espesa. Asimismo, al momento de servir el atole los niños requieren de una cantidad específica cada día para proporcionar la porción adecuada de micronutrientes diaria. El hecho de que la preparación requiera de me-

didias específicas de las proporciones de producto seco y líquido hace que la preparación sea un poco más “compleja” que el atole anterior, pero no se considera que sea un factor limitante para que se pudiera extender su uso.

TABLA 3. Proporción de individuos con desviaciones estándar por debajo de -2 y por encima de 2 con respecto a la mediana de los puntajes z de talla para la edad

	Tiempo de intervención (meses)			P	P
	0m (%)	6m (%)	12m (%)		
T/E (n=745)				0-6m	0-12m
<-2DE	22,0	19,2	16,4	0,037	<0,01
>2 DE	0,3	0,2	0,1	0,953	1,00
IMCE (n=746)					
<-2DE	0,4	0,1	0,8	1,00	0,47
>2 DE	7,0	7,3	4,8	1,00	0,07
Anemia*	41,6	30,7	23,2	<0,01	<0,01

* Los resultados individuales de la Hb se ajustaron para una altitud de 1500 m (-0,5g/dL)(12). T/E: talla/edad, IMCE: índice de masa corporal para la edad .

TABLA 4. Ganancia de talla (cm) y peso (kg) anual estratificado por edad y comparado con Shroeder *et al.*,(15).

Edad (m)	n	Atole Fortificado Chispuditos			Schroeder <i>et al.</i> , (15)			
		Talla Media (cm/año)	DE	Peso Media (Kg/año)	DE	Talla Media (cm/año)	Peso Media (Kg/año)	
<12	24	11,8	3,6	4,3	5,1	274	15,6	3,4
12 a <24	73	9,4	2,7	3,6	4,7	180	9,2	2,2
24 a <36	114	8,1	2,9	2,3	2,9	221	8,5	2,2
36 a <48	169	7,5	2,1	2,2	3,6	249	7,4	1,8
48 a <60	165	6,8	2,6	2,1	2,6	274	6,5	1,6
60 a <72	196	6,4	1,7	3,0	4,3	237	5,7	1,6

Estudio de sobras:

Se demostró que en total se prepararon 238,5mL por niño cada día, lo que indica que la cantidad servida es bastante cercana a la recomendada. En promedio por niño sobraron 4,0mL de atole. En dos días no consecutivos los niños en promedio bebieron 225mL de atole por día (5% menos de la cantidad indicada). Se observó que cada niño se toma el 98,3% de lo que se le sirvió en la taza, lo que se interpreta como una buena aceptabilidad e ingesta cerca del 100% de los micronutrientes. El total de sobras fue del 5,6% del producto preparado, determinado por la cantidad que no se sirvió (remanente en la olla, un 3,9%).

DISCUSIÓN

Uno de los grandes desafíos de los profesionales de la salud y las familias es la pobre adherencia al tratamiento con sulfato ferroso para el manejo de la anemia ferropénica en niños. El atole con niveles elevados de fortificación

Figura 2. Promedios del puntaje z de talla para la edad (n=747)

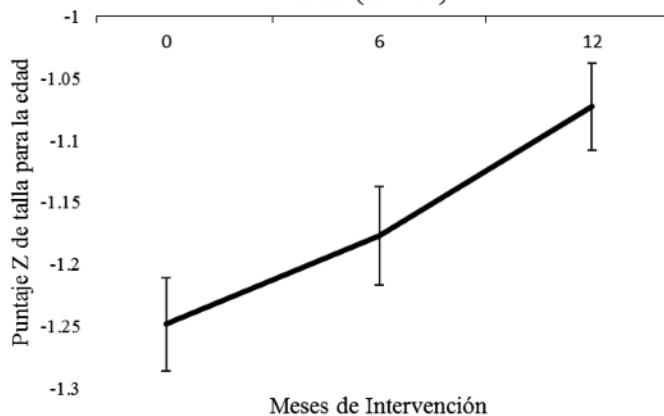


FIGURA 2. Promedio de puntaje z de talla para la edad según tiempo de intervención (meses)

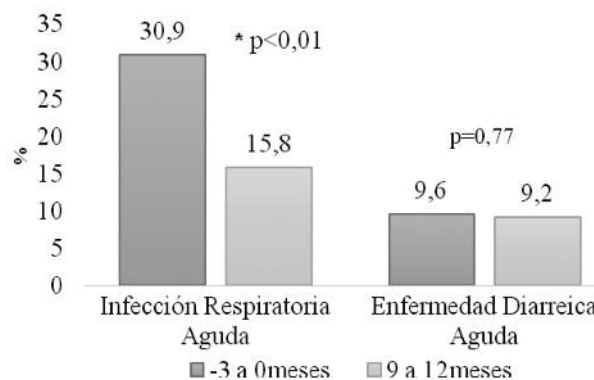


FIGURA 3. Prevalencia de IRA y EDA antes de la intervención y después de 9m de intervención con alimento fortificado.

entregado es un producto que fue ampliamente aceptado entre los niños y cuidadores y no presenta sabor ni olor marcadamente distinto a otros atoles, a pesar de que contiene altas concentraciones de hierro de alta biodisponibilidad (12mg), y zinc (9mg), lo que lo hace atractivo para utilizarse como vehículo para el aporte de mayores concentraciones de hierro y otros micronutrientes de manera segura en aquellas poblaciones que presentan altas prevalencias de anemia y retraso del crecimiento, y que además consumen dietas predominantemente vegetales con alto contenido de fitasas. La doble carga de la malnutrición es un problema emergente en América Latina (16), donde es común el sobrepeso con la deficiencia de micronutrientes o desnutrición crónica. La cantidad recomendada de producto seco que contiene 21 micronutrientes de alta biodisponibilidades de 18,75g (equivalente a una cucharada), y aporta 73Kcal/día, 1g de grasa, y 4g de proteínas de alto valor biológico por porción.

Estudios previos han demostrado que utilizar vehículos similares para distribuir nutrientes han sido exitosos en mejorar el estado nutricional poblacional de niños en lugares con desnutrición endémica, el caso más conocido es el de la Incaparina, entre otros (17-19). Rivera et al. (17), reportó que después de 12m de que los niños recibieron 40mg de atol al día durante 12m se observaron diferencias estadísticas entre el grupo control y el intervenido. Sin embargo, la prevalencia de anemia continuó siendo bastante elevada (de más del 44%) en el grupo que recibió la intervención, en comparación con esta investigación, donde la prevalencia de anemia se redujo al 23,2%. Desafortunadamente en el estudio de Rivera et al.(17), no se publicaron datos de la prevalencia de anemia en la línea basal y a los 12m, pero sí se documentó la media de Hb en los dos grupos. Al calcular el incremento porcentual de los valores de Hb en el grupo con intervención, el incremento fue del 3,4% comparado con el de esta evaluación, que fue del 5,6%. En otras palabras, la elevación de los niveles de Hb en este programa fue de 2,2%. En el estudio de Jack, et al., (19), en que se utilizó micronutrientes en polvo (Chispitas®)(20), se obtuvo una reducción de la prevalencia de la anemia del 21,0% en el grupo intervenido después de 12m. En el presente trabajo se observó una reducción de la prevalencia de anemia de más del doble que lo reportado por esos autores (44,3%). Sin embargo, es importante tener en cuenta que cada estudio utiliza distintos mo-

delos de distribución y de productos.

El promedio de la ganancia de talla anual en general es algo más elevada en algunas categorías de edad en este estudio en comparación con lo reportado por Shroeder et al.(15), como se detalla en la Tabla 4 en una población similar. En las edades de 3 a 12m la ganancia de talla es menor en los niños de este estudio(15), lo cual se puede explicar debido a que la asistencia de los niños menores de 12m a los jardines infantiles es errática y a que el tamaño de la muestra es bastante limitada en esta categoría de edad, pues únicamente participaron 24 niños. En general, el promedio anual del incremento de la talla de niños sin desnutrición en el segundo año de vida es de alrededor de 12cm y en el tercer año 9cm, y los tres siguientes años el promedio es de 7cm(21). Los niños participantes en este estudio continúan presentando una ganancia de talla por debajo de lo esperado; sin embargo, no se tienen datos de la talla y peso al nacer, ni tampoco si nacieron a término o pretérmino, lo que hace difícil interpretar estos hallazgos(15).

La disminución del número de episodios de morbilidad por IRA que se observó en este estudio fue del 48,9% en meses homólogos, antes y después de 12m de recibir el suplemento; esto se corresponde con varios estudios que han demostrado una mejora en la morbilidad por IRA a través de la suplementación con zinc (22). Aunque hubo una disminución en el número de episodios de diarrea, la diferencia no fue estadísticamente significativa, y es posible que el efecto sea observable al cuantificar el número de días con diarrea y la severidad de los cuadros.

Dentro de los hallazgos del análisis del proceso de adopción del atole, fue importante hacer énfasis en la toma de medidas durante la preparación del producto. Se percibe que el atole ha mejorado de manera importante la salud y el estado nutricional de los niños, así como la capacidad de aprendizaje y la energía. Dentro de las características del atole que se pueden mejorar se encuentran la variedad de sabores y la forma de preparaciones para el consumo (recetas), tanto como la posibilidad de disminuir los costos del producto y hacerlo disponible a los padres de familia.

La principal limitación de esta evaluación es que no hay un verdadero control negativo y, por consiguiente, es difícil establecer cuál es el efecto del atole por sí mismo. Sin embargo, los hallazgos sugieren que la bebida fortificada parece ser eficiente en reducir la anemia y mejorar el estado nutricional de los niños

menores de 6 años y puede ser una buena alternativa para utilizarse en programas que busquen mejorar la ingesta de micronutrientes en la infancia en países donde las tasas de desnutrición crónica son elevadas, pues la mejora en la prevalencia de anemia, retardo de crecimiento y media de Hb parecen mayores a los observados en estudios con controles apropiados. Estos hallazgos son similares a otras intervenciones nutricionales que utilizaron niveles similares de zinc (23).

CONCLUSIONES

El suministro del atole fortificado Chispuditos durante 5 días a la semana por 6m o más parece ser efectivo en reducir la desnutrición crónica y mejorar el estado de salud en niños Guatemaltecos menores de 7 años. En sólo 6m se lograron cambios significativos en T/E y Hb. Este modelo de intervención, que considera niveles elevados de zinc y hierro, y que presenta buena aceptabilidad por parte de los cuidadores, puede ser apropiado para reducir anemia, mejorar el crecimiento lineal y disminuir la morbilidad por enfermedades prevalentes de la infancia en Guatemala y otras poblaciones con altos índices de desnutrición crónica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al doctor Matthew B. Flynn por su retroalimentación en el proceso de escritura del artículo. Este estudio fue parcialmente financiado por el Mathile Institute for the Advancement of Human Nutrition®, una organización no gubernamental y sin fines de lucro.

REFERENCIAS

1. UNICEF, WHO, Group WB. Joint Child Malnutrition Estimates 2016. Recuperado de: <http://www.who.int/nutgrowthdb/estimates2015/en/>. (Octubre 2016).
2. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), Instituto Nacional de Estadística (INE), ICF Internacional, 2015. Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2014-2015. Ciudad de Guatemala, Guatemala 2015.
3. Rice AL, Sacco L, Hyder A, Black RE. Malnutrition as an underlying cause of childhood deaths associated with infectious diseases in developing countries. *Bull World Health Organ.* 2000;78(10):1207-21.
4. Bhutta ZA. Early nutrition and adult outcomes: pieces of the puzzle. *Lancet.* 2013;382(9891):486-7.
5. Martorell R, Melgar P, Maluccio JA, Stein AD, Rivera JA. The nutrition intervention improved adult human capital and economic productivity. *J Nutr.* 2010;140(2):411-4.
6. Stoltzfus RJ. Research needed to strengthen science and programs for the control of iron deficiency and its consequences in young children. *J Nutr.* 2008;138(12):2542-6.
7. Doak CM, van der Starre RE, van Beusekom I, Campos Ponce M, Vossenaar M, Solomons NW. Earlier introduction of aguitas is associated with higher risk of stunting in infants and toddlers in the Western Highlands of Guatemala. *Am J Clin Nutr.* 2013;97(3):631-6.
8. Ashmead HD. Amino acid chelation in human and animal nutrition. Boca Raton, FL: Taylor & Francis; 2012. xi, 257 p. p.
9. Schlegel P, Windisch W. Bioavailability of zinc glycinate in comparison with zinc sulphate in the presence of dietary phytate in an animal model with Zn labelled rats. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2006;90(5-6):216-22.
10. Torun B, Menchu MT, Elias LG. Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP. 2 Ed. ed: Incap; 2012.
11. Gibson RS. Principles of nutritional assessment. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 2005. xx, 908 p. p.
12. Sullivan KM, Mei Z, Grummer-Strawn L, Parvanta I. Haemoglobin adjustments to define anaemia. *Trop Med Int Health.* 2008;13(10):1267-71.
13. Rogers EM. Diffusion of innovations. 4th ed. ed. New York ; London: Free Press; 1995.
14. Creswell JW. Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions. Thousand Oaks, CA: Sage. ed1998.
15. Schroeder DG, Martorell R, Rivera JA, Ruel MT, Habicht JP. Age differences in the impact of nutritional supplementation on growth. *J Nutr.* 1995;125(4 Suppl):1051S-9S.
16. Rivera JA, Pedraza LS, Martorell R, Gil A. Introduction to the double burden of undernutrition and excess weight in Latin America. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(6):1613S-6S.
17. Rivera JA, Habicht JP. Effect of supplementary feeding on the prevention of mild-to-moderate wasting in conditions of endemic malnutrition in Guatemala. *Bull World Health Organ.* 2002;80(12):926-32.
18. Rivera JA, Sotres-Alvarez D, Habicht JP, Shamah T, Villalpando S. Impact of the Mexican program for education, health, and nutrition (Progresá) on rates of growth and anemia in infants and young children: a randomized effectiveness study. *JAMA.* 2004;291(21):2563-70.

19. Behar M. The story of incaparina. Utilization of available sources of vegetable protein for human feeding. *J Am Med Womens Assoc.* 1963;18:384-8.
20. Jack SJ, Ou K, Chea M, Chhin L, Devenish R, Dunbar M, Eang C, Hou K, Ly S, Khin M, Prak S, Reach R, Talukder A, Tokmoh LO, Leon de la Barra S, Hill PC, Herbison P, Gibson RS. Effect of micronutrient sprinkles on reducing anemia: a cluster-randomized effectiveness trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2012;166(9):842-50.
21. Baumgartner RN, Roche AF, Himes JH. Incremental growth tables: supplementary to previously published charts. *Am J Clin Nutr.* 1986;43(5):711-22.
22. Roth DE, Caulfield LE, Ezzati M, Black RE. Acute lower respiratory infections in childhood: opportunities for reducing the global burden through nutritional interventions. *Bull World Health Organ.* 2008;86(5):356-64.
23. Imdad A, Bhutta ZA. Effect of preventive zinc supplementation on linear growth in children under 5 years of age in developing countries: a meta-analysis of studies for input to the lives saved tool. *BMC Public Health.* 2011;11 Suppl 3:S22.

Recibido: 12-04-2016

Aceptado: 07-10-2016

Estado nutricional de los escolares de una zona rural de extrema pobreza de Ccorca, Perú. Proyecto INCOS

Carla Ballonga Paretas, Sabina López Toledo, Pilar Echevarría Pérez, Óscar Vidal Corrons, Josefa Canals Sans, Victoria Arijá Val

Instituto de Investigación Sanitaria Pere Virgili Universidad Rovira i Virgili (URV) - Tarragona, España.
Asociación Amantaní. Cusco, Perú. Asociación Recolectores de Sueños. Tarragona, España.
Instituto de Investigación en Atención Primaria Jordi Gol (IDIAP Jordi Gol),
Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Barcelona, España

RESUMEN. La ingesta deficitaria es un factor determinante en la desnutrición infantil, un problema de salud pública frecuente en algunas zonas de Latinoamérica. Nuestro objetivo es valorar el desarrollo antropométrico, el consumo alimentario, la ingesta nutricional y su adecuación en escolares, según edad y género, de una zona rural de extrema pobreza de los Andes peruanos que ha recibido programas gubernamentales de ayuda alimentaria. Estudio descriptivo en 171 escolares de $8,9 \pm 1,67$ años, 51,5% varones. El desarrollo antropométrico se valora mediante el Z-score IMC/edad, el consumo alimentario por la entrevista semiestructurada de frecuencia de consumo de alimentos y el método de Recuerdo de 24 horas, la ingesta nutricional con la tabla de composición de alimentos peruana y francesa (REGAL) y su adecuación mediante la probabilidad de ingesta inadecuada (PII). Presentan delgadez el 4,7%, sobrepeso el 8,8% y obesidad el 0,6%. El consumo alimentario y la ingesta nutricional no presentan diferencia entre géneros, ni grupos de edad (6-9 años y 10-12 años). La distribución porcentual de macronutrientes es equilibrada. La PII de energía y la mayoría de nutrientes es significativamente mayor en el grupo de 10-12 años que en el de 6-9 años. Las vitaminas A, D, C, B3 y folatos son deficientes en ambos grupos; y el calcio, hierro, vitamina E y vitamina B1 en el de 10-12 años. En conclusión, los escolares presentan un peso adecuado en relación a su talla y edad probablemente debido a la alimentación aportada por las ayudas estatales alimentarias. Sin embargo al haber un escaso consumo de frutas, verduras y hortalizas, se refleja un riesgo nutricional de algunas vitaminas y minerales, mayor en el grupo de 10-12 años de más elevados requerimientos nutricionales.

Palabras clave: Desarrollo antropométrico, consumo alimentario, ingesta nutricional, desnutrición infantil, zona rural, Perú.

SUMMARY. Nutritional status of the school children in an extremely poor rural area of Ccorca, Perú. INCOS project. An insufficient intake contributes to child malnutrition, a common public health problem in some Latin America areas. Our objective is to assess the anthropometric development, the food consumption, the nutritional intake and its school children adequacy, according to age and gender, in an extremely poor rural area in the Peruvian Andes where governmental food assistance programs were given. Descriptive study based on 171 school children about $8,9 \pm 1,67$ years, 51,5% males. Anthropometrics characteristics are valued through IBM/age Z-Score. Food consumption is assessed by semi structured interview frequency of food consumption and a 24-hour diet recall method. The nutritional intake is estimated with the Peruvian and French food composition tables. The adequacy nutritional intake is calculated by the inadequate intake probability (IIP). Evidences are about 4,7% of thinness, 8,8% overweight and 0,6% obesity. The food consumption and the nutritional intake are similar among gender and age groups (6-9 years old and 10-12 years old). There is an acceptable macronutrients distribution range. The IIP energy and most nutrients are significantly greater in the 10-12 group than in the 6-9 group. A deficient intake of vitamin A, D, C, B3, folate is observed in both groups and in Calcium, iron, vitamin E and B1 in the 10-12 group. In conclusion, students have an adequate weight for their height and age, maybe due to the state program of food aid. Nevertheless, there remains weak consumption of fruit and vegetables that is reflected in the nutritional risk of some vitamins and minerals, which is higher in the 10-12 years old group due their greater nutritional requirements.

Key words: Anthropometric development, food consumption, nutritional intake, child malnutrition, rural area, Peru.

INTRODUCCIÓN

La alimentación constituye el factor extrínseco más determinante en el crecimiento y el desarrollo en la in-

fancia. La desnutrición es el resultado de la ingesta insuficiente de alimentos (en cantidad y calidad), la falta de una atención sanitaria adecuada y la aparición de enfermedades infecciosas. Según UNICEF 2006(1) está

catalogada como una emergencia silenciosa ya que genera efectos muy dañinos, manifestados a lo largo de la vida y no inmediatamente. La primera señal es el bajo peso, seguido por la baja altura. Sin embargo, estas son solo las manifestaciones más superficiales del problema, de hecho, hasta el 50% de la mortalidad infantil se origina, directa o indirectamente, por un pobre estado nutricional. En América Latina, la desnutrición crónica infantil (talla por debajo de la esperada para la edad) se registra como uno de los principales problemas de salud pública y bienestar social(2) afectando hasta el 16% en menores de 5 años. Entre los países de mayor prevalencia se encuentra Perú, con más del 20%. De acuerdo a los datos de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) del 2008, el 18% de los niños y niñas entre los 6 y 11 años de Perú presentan desnutrición crónica pudiendo llegar hasta el 34% en los niños y niñas que residen en áreas rurales (3). Desde el siglo pasado una gran variedad de programas ha tenido la intención de mejorar el estado nutricional de la población y en especial a aumentar la oferta alimentaria a nivel familiar, sobre todo en zonas rurales de riesgo (4). Las condiciones de vida en Ccorca son las propias de regiones rurales de pobreza extrema con falta de recursos para satisfacer las condiciones mínimas necesarias para la subsistencia tales como la ingesta alimentaria, el techo, el vestido y la asistencia sanitaria. Cuenta con una situación socioeconómica restrictiva, el ingreso familiar per cápita es de 155,5 N.S al mes y presenta un Índice de Desarrollo Humano (IDH) del 0,1621 (5). La agricultura es la principal actividad económica y las familias cubren sus necesidades alimentarias con producciones de papa, habas y maíz. La ganadería, sobre todo la cría de ovinos, cuyes y bovinos, está limitada para la subsistencia de la familia. Las viviendas de los habitantes son de techo de teja, pared de adobe y piso de tierra. Los habitantes no poseen ropa interior ni calcetines y calzan un solo calzado todo el año (ojotas). A demás cuentan con un único puesto sanitario en el distrito formado por un sólo médico y un enfermero situado lejos de la mayoría de las comunidades, añadiendo la presencia de escasos medios de transporte (la caminata es la principal vía de desplazamiento)(6). Ante esta situación, el Ministerio De Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS), brinda a los escolares, el programa de servicio alimentario QaliWarma(7). Por su complejidad metodológica y operativa, las investigaciones acerca del consumo alimentario en esta población son inusuales en la literatura

científica, por lo que el objetivo es valorar el desarrollo antropométrico, el consumo alimentario, la ingesta de energía, nutrientes y su adecuación nutricional en escolares de 6 a 12 años de una zona rural de extrema pobreza de los andes peruanos que ha recibido programas de ayuda alimentaria en la escuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO Y PARTICIPANTES

Estudio descriptivo realizado en el distrito de Ccorca(Qorqa), una zona rural de extrema pobreza de los Andes peruanos situado a 21km y al sur-oeste de la capital de su provincia (Cusco). Con una altitud de 3625msnm, una superficie territorial de 188.56 km² y una población estimada de 2343 habitantes (densidad de 12,43 habitantes/km²) forma ocho comunidades con Escuelas Públicas de Primaria en cada una, pero con insuficientes cursos de enseñanzas (Ccorca, Ccorca Ayllu, Huallyay, Rumaray, Cusibamba, Totorá, Ccarhuy y Tamborpuquio). La lengua materna es el quechua y su temperatura media anual de 9,7°C (8). La muestra estuvo conformada por 88 niños y 83 niñas de entre 6 y 12 años de edad agrupados en 6-9 años y 10-12 años. La muestra se seleccionó a partir del número de escolares de las escuelas, eligiendo las que más alumnos tenían. Se incluyeron los escolares de primer a sexto grado de las Instituciones Educativas de Ccorca Pueblo (n=52), Totorá (n=38) y Cusibamba(n=71). De todas las comunidades con menos escolares y con las mismas características se seleccionó al azar, Rumaray (n=10), como representación de las mismas. La participación fue del 71,55%. Se excluyeron los niños que presentaron alguna enfermedad grave, una diversidad funcional cognitiva, una alteración social-familiar relevante y a los hospedados en los albergues Amantaní por tener cuidados especiales y alimentación complementaria. También aquellos que no presentaron el consentimiento informado debidamente firmado por sus representantes legales. El equipo de trabajo fue de dos dietistas-nutricionistas, dos enfermeras y un traductor quechua-castellano. El estudio se realizó entre septiembre de 2013 y septiembre de 2014 con la colaboración de la Asociación Amantaní de Perú y la Asociación Recolectores de Sueños de España.

PROCEDIMIENTO

Evaluación antropométrica: Los parámetros antro-

antropométricos analizados fueron el peso corporal y la estatura, se evaluaron una sola vez por participante. Para la toma de las medidas se siguieron las referencias del método ISAK (9). Para el peso, se utilizó una báscula mecánica Titec, y para la altura, un estadiómetro móvil pediátrico de madera proporcionados por la posta médica de Ccorca pueblo. Se calculó el percentil Z-score IMC/edad para detectar la presencia de delgadez (<-2DS), sobrepeso (>+1DS) y obesidad (>+2DS) mediante el programa WHO Anthro 3.2.2 utilizando los puntos de corte de la Organización Mundial de la Salud (10).

Evaluación dietética: Para estimar el consumo de alimentos, dos dietistas-nutricionistas entrenadas y estandarizadas en la valoración del consumo, realizaron una entrevista a la persona responsable de la alimentación del niño en su propio domicilio. Se ha utilizado el método validado de Recuerdo de 24 horas (R24h) practicado por el Ministerio de Salud de Perú, y una entrevista semiestructurada de frecuencia de consumo de alimentos adaptada a partir del cuestionario de frecuencia de alimentos validado en España por el grupo investigador (11) teniendo en cuenta los hábitos alimentarios de la población peruana. Mediante el R24h se registró detalladamente el tipo y la cantidad de alimentos y bebidas ingeridas por el niño el día anterior. En la mayoría de los casos, los niños desayunaban y comían en la escuela, en este caso, se valoraba el menú escolar correspondiente. Se dispuso de láminas de medidas caseras de la Dirección de Investigación A.B Prisma de Lima (Perú) como modelo alimentario para ayudar al entrevistado a cuantificar el consumo. Para calcular la ingesta de nutrientes se utilizó la tabla de composición de alimentos REGAL francesa (12), complementada con una tabla de composición de alimentos peruana (13) para algunos alimentos propios no incluidos en la primera. Los alimentos se agruparon en los siguientes 12 grupos: Carne (roja, blanca, menudillos, embutidos), huevos, pescado (blanco y azul), leche, derivados lácteos (queso y yogurt), aceite, cereales (pan, cereales inflados, galletas, pasta-harina-maíz, arroz), tubérculos (patatas y raíces), legumbres, fruta, verdura (cocida y cruda), dulces (azúcar-miel, pasteles, chocolate). Cada grupo se expresó en gramos/día. Los macronutrientes (carbohidratos, proteínas y lípidos) se expresaron en distribución porcentual de energía y se compararon con las directrices de la OMS (14). Se calculó la probabilidad de ingesta inadecuada (PII) (15) de energía y nutrientes comparando la

ingesta de los escolares con las Recomendaciones de Ingesta Diaria internacionales (16,17,18,19). También se calculó el Porcentaje de Adecuación (PA) a la ingesta de energía considerando los requerimientos para la población peruana (20). La entrevista semiestructurada de frecuencia de consumo de alimentos, consistió en una lista cerrada de los principales grupos de alimentos característicos del consumo de la región: Pescados y mariscos, carnes, huevos, legumbres, lácteos, aceite, verduras y hortalizas, frutas, cereales y tubérculos y superfluos (margarina, mantequilla, dulces, bollería, caramelos, pasteles, bebidas azucaradas, helados, embutidos). Se registró la frecuencia de consumo diario/semanal de las raciones medias.

Análisis estadístico: Se utilizó el software IBM SPSS (Statistical Package for the Social Science) versión 22 para Windows. Los datos se describieron en porcentajes, medias y desviación estándar. Se utilizó el test X² para comparar variables cualitativas y el T-test para las cuantitativas. Se aceptó como límite mínimo de significación estadística un valor $p < 0,05$.

CONSIDERACIONES ÉTICO-LEGALES

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital "Sant Joan de Reus" (España). A cada uno de los padres/representantes legales de los participantes se les informó acerca del proyecto a realizar mediante una reunión informativa. Se les entregó toda la información divulgada por escrito junto con un consentimiento informado en el que mediante su firma prestaron su conformidad en que su hijo/a participara en el estudio. El estudio se rigió por los postulados de la Declaración de Helsinki (21) y se siguió la guía de Buenas Prácticas Clínicas (BPC) de la Conferencia Internacional de Armonización (22). Para la organización logística del estudio se contó con el apoyo de la Asociación Amantaní de Cusco, Perú (RUC 20490565591). El equipo de dietistas-nutricionistas brindó voluntariamente el apoyo de dos meses, una orientación sobre alimentación, nutrición y prácticas de higiene a través de una Intervención Comunitaria de Salud al final del estudio como incentivo para la participación y gesto humanitario.

RESULTADOS

Características de la muestra: En la Tabla 1 se muestran las características del desarrollo antropométrico de

la muestra. De acuerdo a sus características del estado nutricional, un 4,7% presentó delgadez, un 8,20% sobrepeso y un 0,60% obesidad en relación a su talla y edad. Consumo alimentario: En la Tabla 2 se detalla la cantidad diaria de alimentos ingeridos. No se mostraron diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas, ni entre los grupos de edad para ninguno de los resultados obtenidos. En la Tabla 3 se muestra la frecuencia diaria del consumo de alimentos expresada en grupos de alimentos consumidos al día. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas, ni entre los grupos de edad para ninguno de los grupos alimentarios. En la Tabla 4 se muestra la ingesta de energía, nutrientes y la probabilidad de ingesta de energía y nutrientes inadecuada (PII) en relación a las necesidades de cada nutriente. No se observaron diferencias estadísticamente significativas para la ingesta promedio de energía y nutrientes entre género y grupos de edad, sin embargo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la PII entre los dos grupos de edad. Respecto al Porcentaje de Adecuación (PA) de Energía se encontró que es del $79,05 \pm 24,78$ en los niños de 6-9 años y de $68,28 \pm 17,33$ en los niños de 10-12 años. En ambos grupos, destacó principalmente una deficiente ingesta de vitamina A, D, C, B3 (niacina), folatos. Además, en el grupo de 10-12 años también se observó una importante deficiencia en calcio, hierro, vitamina E y B1 (tiamina). En cuanto al total de ingesta diaria de energía, el último grupo mencionado se adecuó menos a la ingesta recomendada que el grupo de 6-9 años. En cuanto a la distribución porcentual de energía proveniente de carbohidratos, proteínas y lípidos para cada grupo de edad no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos. Se observó un aporte mayoritario de carbohidratos, en el que los azúcares simples representaron un 13,06% y un 11,74% para el grupo de 6-9 años y 10-12 años respectivamente. Se determinó que la grasa, es el segundo principio inmediato predominante, entre la cual un 6,95% y un 6,99% es de origen saturada, respectivamente para el grupo de 6-9 años y 10-12 años.

DISCUSIÓN

Se utilizó el criterio de diferenciar dos grupos de edad (6-9 y 10-12 años) ya que entre los 6 y 9 años el crecimiento es más lento y entre los 10 y 12 años se

TABLA. 1 Características sociodemográficas y del desarrollo antropométrico de la muestra (n=171).

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	(%)	
Cusibamba	41,5	
Totora	22,2	
Rumaray	5,8	
EDAD (años)	$8,9 \pm 1,67$	
SEXO	(Masculino %)	
	51,5	
ESTADO NUTRICIONAL	(%)	
Delgadez	4,70	
Normopeso	86,50	
Sobrepeso	8,20	
Obesidad	0,60	
Z-score IMC/Edada	$-0,017 \pm 0,97$	
ANTROPOMETRÍA	Niños	Niñas
Peso corporal (kg):		
6-9 años	$22,69 \pm 3,90$	$22,87 \pm 4,28$
10-12 años	$28,24 \pm 3,28$	$29,48 \pm 3,94$
Estatura (cm):		
6-9 años	$118,29 \pm 7,16$	$118,08 \pm 7,18$
10-12 años	$128,37 \pm 5,34$	$131,45 \pm 7,65$

está entrando en la adolescencia y el crecimiento es más intenso (23). En la muestra se destaca una alta prevalencia de normopeso (86,50%), dato similar a la hallada por Pajuelo, 2000 (24) en niños de áreas rurales del Perú (83,3%) beneficiarios de un programa de Asistencia Alimentaria de desayuno escolar. Comparando con el mismo estudio, el porcentaje de delgadez hallado es mayor (4,7% versus 2,5%), el de sobrepeso menor (8,2% versus 10,4%) y el de obesidad inferior (0,6% versus 2%). En la población se refleja que el sobrepeso y la obesidad en conjunción duplican la delgadez (8,8% versus 4,70% respectivamente). Estos datos coinciden con los últimos reportes de la situación actual de América Latina. Tal como indica Rivera et al. (25), la transición nutricional en América Latina ha acontecido en los diversos países en diferentes momentos y con distintas velocidades traduciéndose en la coexistencia de desnutrición y obesidad en combinaciones heterogéneas. No obstante, la prevalencia de sobrepeso y obesidad encontrada en nuestra población es baja en comparación con los datos de Rivera et al. (18,9% y 36,9% de sobrepeso y obesidad) debido a que Ccorca actualmente no corresponde a un territorio en transi-

TABLA 2 Consumo de alimentos por grupo de edad (g).

	6-9 años	10-12 años	p
	n=102	n=65	
	Media y DT	Media y DT	
Carne	14,20 ± 28,79	17,85 ± 36,89	0,476
Carne roja	7,70 ± 16,33	5,00 ± 13,69	0,270
Carne blanca	6,11 ± 24,81	10,00 ± 33,31	0,389
Menudillos	0,20 ± 1,98	2,31 ± 13,52	0,216
Embutidos	0,20 ± 1,98	0,23 ± 1,86	0,910
Huevos	8,91 ± 21,80	10,63 ± 22,30	0,623
Pescado	18,32 ± 18,16	18,33 ± 13,76	0,996
Pescado blanco	1,76 ± 17,82	1,54 ± 12,40	0,929
Pescado azul	16,55 ± 8,43	16,79 ± 9,37	0,863
Leche	592,50 ± 353,76	594,85 ± 306,45	0,965
Derivados lácteos	4,39 ± 16,21	1,23 ± 9,92	0,120
Queso	2,20 ± 8,10	0,62 ± 4,96	0,120
Yogur	2,20 ± 8,10	0,62 ± 4,96	0,120
Aceite	15,84 ± 9,06	17,61 ± 8,52	0,210
Cereales	147,30 ± 68,47	156,44 ± 76,46	0,157
Pan	22,94 ± 30,17	25,15 ± 31,44	0,650
Cereales inflados	18,68 ± 31,06	25,83 ± 41,94	0,239
Galletas	24,81 ± 16,84	21,72 ± 17,16	0,253
Pasta alimentaria, harina, maíz	64,72 ± 51,23	67,45 ± 50,96	0,737
Arroz	16,15 ± 10,56	16,28 ± 10,74	0,940
Tubérculos	152,32 ± 145,26	163,69 ± 137,45	0,647
Patatas	143,51 ± 143,25	153,57 ± 129,60	0,615
Raíces	8,81 ± 12,00	10,1 ± 18,24	0,228
Legumbres	51,60 ± 63,33	48,31 ± 60,69	0,740
Verdura	49,08 ± 36,90	49,38 ± 31,65	0,718
Verduras cocidas	45,81 ± 31,07	47,48 ± 25,39	0,956
Verduras crudas	3,26 ± 17,34	1,91 ± 10,88	0,574
Fruta	10,15 ± 45,36	8,77 ± 35,76	0,836
Dulces	21,04 ± 17,65	16,88 ± 12,72	0,583
Azúcar y miel	19,67 ± 13,19	16,88 ± 12,72	0,178
Pasteles	1,18 ± 11,88	0,00 ± 0,00	0,426
Chocolate	0,20 ± 1,98	0,00 ± 0,00	0,426

DT: Desviación Típica

No se muestran diferencias significativas entre niños y niñas dentro de cada grupo de edad

ción nutricional.

En relación a las recomendaciones generales de alimentación saludable (SENC, 2004) se observó un bajo consumo de cereales y tubérculos (3 raciones al día siendo 4-6 la recomendada). Sin embargo, según las re-

TABLA 3 Frecuencia diaria de raciones consumidas de grupos de alimentos por grupo de edad.

	6-9 años	10-12 años	P
	n=100	n=62	
	Media y DT	Media y DT	
Pescados y mariscos	0,20 ± 0,22	0,19 ± 0,13	0,822
Carnes	0,39 ± 0,27	0,39 ± 0,25	0,896
Huevos	0,75 ± 0,47	0,78 ± 0,49	0,695
Legumbres	0,62 ± 0,53	0,69 ± 0,54	0,469
Lácteos	2,78 ± 0,50	2,78 ± 0,50	0,974
Aceite	2,31 ± 1,30	2,30 ± 1,31	0,991
Verduras y hortalizas	0,62 ± 0,39	0,64 ± 0,37	0,781
Frutas	0,57 ± 0,62	0,55 ± 0,42	0,781
Cereales y tubérculos	3,00 ± 1,34	3,13 ± 1,31	0,552
Superfluos	3,09 ± 1,15	3,08 ± 1,11	0,983

DT: Desviación Típica

No se muestran diferencias significativas entre niños y niñas dentro de cada grupo de edad

comendaciones de la Guía de la alimentación saludable en la etapa escolar de la Generalitat de Cataluña (26), las recomendaciones específicas para niños son 3-4 raciones diarias y para adolescentes de 4-6. Por tanto, los niños de entre 6 a 11 años, presentan un consumo adecuado de este grupo de alimentos. El consumo de frutas resultó bajo (0,5 raciones al día siendo 3 o más la recomendada). El consumo de verduras y hortalizas también es bajo (0,6 raciones al día siendo 2 o más la recomendada). El bajo consumo de vegetales entre la población infantil también se encuentra en determinadas regiones rurales de América Latina como Chile (4). El consumo de lácteos (leche, yogur y queso) es adecuado (2,8 raciones al día siendo 2-4 la recomendada). No obstante, según la Generalitat de Cataluña, 2005(26), las raciones recomendadas diarias durante la adolescencia se ven aumentadas a 3-4, reflejando un consumo bajo para aquellos niños de 12 años que están entrando en esta etapa de la vida. El consumo de legumbres es adecuado (0,6 raciones al día siendo 0,4 la recomendada). El consumo de pescados y mariscos es bajo (0,20 raciones al día siendo 0,5 la recomendada). El consumo de carnes es bajo (0,4 siendo 0,5 la recomendada). El consumo de huevos de

TABLA 4 Ingesta diaria de energía y nutrientes y la Probabilidad de Ingesta Inadecuada por grupo de edad.

	6-9 años	10-12 años	PII (6-9 años)	PII (10-12 años)	p*
	n = 102	n = 65	n = 102	n = 65	
	Media y DT	Media y DT	Media y DT	Media y DT	
Energía (kcal/día)	1379,29 ± 410,97	1437,30 ± 350,34	46,57 ± 48,84	40,83 ± 5,06	-
Glúcidos totales (g/día)	204,75 ± 77,04	211,48 ± 70,18	-	-	-
Azúcares (g/día)	45,01 ± 18,28	42,18 ± 15,44	-	-	-
Almidones (g/día)	116,27 ± 40,62	120,78 ± 41,88	-	-	-
Lípidos totales (g/día)	41,31 ± 15,94	43,44 ± 13,06	69,86 ± 40,71	86,88 ± 28,71	0,002
AGS (g/día)	10,65 ± 4,31	11,17 ± 3,82	48,23 ± 43,82	69,15 ± 39,12	0,002
AGPI (g/día)	12,23 ± 5,79	13,66 ± 5,24	82,65 ± 33,10	90,77 ± 24,02	ns
Colesterol (mg/día)	116,84 ± 99,65	129,98 ± 102,58	-	-	-
Proteínas totales (g/día)	44,93 ± 13,28	47,81 ± 15,32	2,43 ± 12,15	5,38 ± 17,55	ns
Fibra alimentaria (mg/día)	16,40 ± 7,77	17,89 ± 7,56	-	-	-
Vitamina B1 (mg/día)	0,70 ± 0,34	0,81 ± 0,47	57,76 ± 45,71	73,78 ± 40,94	0,020
Vitamina B2 (mg/día)	1,05 ± 0,41	1,15 ± 0,64	22,45 ± 36,39	48,39 ± 42,76	< 0,001
Vitamina B3 (mg/día)	7,66 ± 2,60	8,32 ± 3,90	76,97 ± 36,40	88,74 ± 28,32	0,021
Vitamina B5 (mg/día)	3,86 ± 1,72	4,13 ± 2,03	37,26 ± 43,22	57,64 ± 44,80	0,004
Vitamina B6 (mg/día)	0,80 ± 0,36	0,90 ± 0,49	52,47 ± 45,23	66,09 ± 44,71	ns
Folatos (µg/día)	144,67 ± 69,35	161,86 ± 95,72	88,60 ± 28,23	93,61 ± 23,96	ns
Vitamina B12 (µg/día)	2,76 ± 1,68	4,36 ± 10,22	15,26 ± 33,20	20,01 ± 38,36	ns
Vitamina C (mg/día)	24,25 ± 17,79	25,91 ± 22,36	70,78 ± 42,10	75,65 ± 39,82	ns
Vitamina A (µg/día)	150,63 ± 101,21	514,51 ± 2620,26	97,81 ± 13,83	96,90 ± 17,40	ns
Vitamina D (µg/día)	1,85 ± 0,90	1,84 ± 0,80	98,48 ± 11,17	99,97 ± 0,14	ns
Vitamina E (mg/día)	5,30 ± 3,31	6,20 ± 4,34	65,32 ± 43,90	72,66 ± 41,44	ns
Calcio (mg/día)	621,01 ± 272,61	633,16 ± 243,34	47,82 ± 45,54	92,48 ± 23,69	< 0,001
Magnesio (mg/día)	174,25 ± 71,27	193,36 ± 94,72	4,74 ± 17,99	63,26 ± 43,15	< 0,001
Sodio (mg/día)	799,93 ± 334,86	785,76 ± 312,62	98,05 ± 10,99	99,12 ± 6,57	ns
Hierro (mg/día)	11,72 ± 10,45	12,93 ± 10,32	64,15 ± 45,38	87,61 ± 30,96	< 0,001
Potasio (mg/día)	1477,45 ± 614,34	1560,28 ± 676,84	97,16 ± 13,73	93,95 ± 18,00	ns

gallinas es adecuado (0,7 raciones al día siendo 0,5 la recomendada). El consumo de aceite es bajo (2,3 raciones al día siendo 3-6 la recomendada). No consumen aceite de oliva (recomendado por la SENC, 2004). Su única fuente de lípidos es el aceite de soya o mezclas de aceites vegetales de soya, girasol, algodón, oleína de palma. El consumo de superfluos es excesivo (3 raciones al día siendo consumo ocasional lo recomendado). Supuestamente el programa de alimentación estatal Qali Warma beneficia a los escolares con alimentos que cubren el 60% de sus requerimientos energéticos diarios (20-25% en el desayuno y 30-35% en la comida) pero no todos los alimentos del programa llegan a la población de Ccorca, probablemente por ser una región de difícil acceso conectada a su provincia por una carretera

no pavimentada. Los hallazgos de ingesta de energía en los niños de 6-9 años (1379,29Kcal/día) se adecuan mejor a las ingestas de referencia que en el grupo de 10-12 años y son similares a los de Andrissi, 2013 (27)(1351,5kcal/día) quien estudió los hábitos alimentarios de los niños con el mismo rango de edad en una zona rural de la región andina de Apurímac de Perú. Éste último grupo presenta unos requerimientos nutricionales más elevados que el primero y en la escuela, indiferentemente de la edad, se sirve la misma ración de alimentos (desayuno, almuerzo, comida). Por eso tampoco se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el consumo de alimentos entre los grupos. Entre los lípidos consumidos, se observa una probabilidad de ingesta inadecuada superior en los ácidos gra-

los poliinsaturados relacionado con la baja ingesta de frutos secos y aceite de oliva. El consumo de proteínas en cambio, cubre los requerimientos de prácticamente toda la muestra evidenciado por el alto consumo de lácteos, legumbres y pseudocereales. Una nutrición adecuada tiene que incluir las vitaminas y los minerales esenciales que necesita el organismo. Según UNICEF, la carencia de los mismos es un tipo de desnutrición infantil manifestada en estados de fatiga, reducción de la capacidad de aprendizaje, de inmunidad, entre otras (28). En la muestra esta carencia está muy extendida y puede ser la causa de distintas enfermedades. En ambos grupos se observa una carencia en vitaminas liposolubles (A, D) relacionada con la baja ingesta de productos de origen animal y al déficit de vegetales verdes oscuros, anaranjados y un déficit de vitaminas hidrosolubles (C, B3, folatos) debido a la alimentación pobre en frutas (especialmente cítricas), verduras, carne y pescado. Además, los niños de 10-12 años presentan una carencia de vitamina B1 (tiamina), vitamina E, calcio y hierro por falta de lácteos, vegetales de hoja verde oscura, pescado, carne, frutos secos, legumbres y cereales (29). De acuerdo con la recomendación de la OMS para la prevención de enfermedades crónicas (14), la distribución calórica de los macronutrientes debe ser de carbohidratos: 55-75% (<10% de azúcares simples), grasas: 15-30% (<10% de grasa saturada) y proteínas: 10-15%. Los dos grupos cumplen estrictamente esta relación exceptuando el consumo de azúcares simples que lo sobrepasan. La utilización del R24h facilitó la comunicación con los padres analfabetos ya que se trata de un método en el que el entrevistador formula preguntas y registra las respuestas, sin embargo, una de las limitaciones es que las personas no reportan el consumo exacto de las comidas por razones varias relacionadas con la memoria, añadiendo que no es apropiado utilizar la información de un solo día para caracterizar la dieta usual de la población (30). Se debería haber aplicado el R24h en múltiples días para evaluar mejor la ingesta usual de la población, no obstante el difícil encuentro con los padres en el área rural, no lo permitió. Por otro lado, la elaboración de la lista de alimentos para la entrevista semiestructurada de frecuencia de consumo de alimentos se adecuó al territorio estudiado lo cual fue crucial para que el método tuviera éxito ya que la inexactitud debido a una lista incompleta de todos los alimentos posibles conduce a un error de estimación en la frecuencia (30). El estudio transversal realizado nos per-

mitió estudiar simultáneamente la exposición y el estado nutricional en la población definida en un momento determinado lo cual nos permitió valorar el estado de salud de la comunidad y determinar sus necesidades, aún así no nos permitió conocer la secuencia temporal de los acontecimientos (31).

CONCLUSIONES

Gran parte de los alimentos de la alimentación habitual de los escolares de Ccorca son aportados en las instituciones educativas a través del programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma, el cual contribuye a un buen estado nutricional a nivel de una distribución calórica de los macronutrientes adecuada y a un peso corporal saludable en relación a la talla y a la edad. Sin embargo, se observa una carencia importante de vitaminas y minerales debido a la baja ingesta de alimentos como la fruta, la verdura y las hortalizas. El grupo de 10 a 12 años presenta unos requerimientos nutricionales más elevados que el grupo de 6 a 9 años, pero el programa les reparte la misma cantidad de comida, de tal manera que la ingesta calórica total diaria es más insuficiente en los adolescentes. Se debería optimizar el programa y los recursos asignados distribuyendo un mínimo de dos piezas diarias de fruta al día por escolar, aumentando la aportación de carne y pescado, disminuyendo la aportación de dulces y proporcionando una ración de lácteo más a los escolares adolescentes en forma de leche, queso o yogur. Además, se debería concienciar a la población mediante una intervención comunitaria de salud dirigida a los padres de familia y a la escuela sobre la importancia de consumir las raciones adecuadas de fruta y verdura transmitiendo sobretodo que la verdura que conrean sea consumida como plato principal y no en forma de aderezo para otros platos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la cooperación y las facilidades brindadas por los trabajadores de la Asociación Amantaní, la Sra. Hilda Cañari, por su apoyo en la traducción del quechua y en especial a la Sra. Teresa Campos y al Sr. Gregorio Gutiérrez por su confianza, su apoyo incondicional y su aportación tan valiosa de integrar a los participantes en el trabajo de campo. También, dar las gracias a todo el equipo colaborador

NUTRISAM y a la URV Solidaria de Reus por ser la institución financiadora del estudio.

REFERENCIAS

1. UNICEF: Progress for Children, Introduction. [Sede Web]. 2006. [acceso 29 de setiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.unicef.org/progressforchildren/2006n4/>
2. Kac G, Alvear JLG. Epidemiología de la desnutrición en Latinoamérica: situación actual. *Nutr Hosp.* 2010;25(3):50–6.
3. UNICEF: Situación del país, niñez (6 a 11 años). [Sede Web]. Perú 2010. [acceso 29 de setiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.unicef.org/peru/spanish/children13280.htm>
4. M. Galván, H. Amigo. Programas destinados a disminuir la desnutrición crónica. Una revisión en América Latina. *Arch Latinoamer Nutr.* 2007;57(4):316-26. Disponible en: <http://www.alanrevista.org/ediciones/2007/4/art-3/>. Consultado el: 11/04/2016.
5. PNUD. Cusco: Índice de Desarrollo Humano departamental, provincial y distrital. [Sede Web]. Perú, 2012. [acceso 15 de setiembre de 2016]. Disponible en: www.undp.org/content/.../pe.Indice%20de%20Desarrollo%20Humano%20Peru.xlsx
6. Amantani Ccorca [Sede Web]. Perú, 2011. [acceso 11 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.amantani.org.pe>
7. MIDIS. Programa Nacional de Alimentación Escolar QaliWarma [Sede Web]. Perú 2016. [acceso 11 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.qaliwarma.gob.pe>
8. INEI. Censos nacionales de población y de vivienda [Sede Web]. 2007. [acceso 11 de abril de 2016]. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/#>
9. Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK). Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica; 2001.
10. WHO. Growth reference data for 5-19 years. [Sede Web]. 2006. [acceso 08 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/growthref/en/>
11. I. Trinidad Rodríguez, J. Fernández Ballart, G. Cucó Pastor, et al. Validación de un cuestionario de frecuencia de consumo alimentario corto: reproducibilidad y validez. *NutrHosp.* 2008;23(3):242-252
12. Favier J, Ireland-Ripert J, Toque C. Répertoire general des aliments. Table de composition. Paris; 1997
13. Ministerio de Salud. Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima, Perú; 2009.
14. OMS. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. [Sede Web]. 2003. [acceso 23 de junio de 2016]. Disponible en: www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916_spa.pdf
15. Anderson GH, Peterson RD, Beaton GH. Estimating nutrient deficiencies in population from dietary records: the use of probability analysis. *Nutr Res* 1982;09-15.
16. FAO. Human energy requirements. [Sede Web]. 2001. [acceso 23 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/nutrition/publications/nutrientrequirements/9251052123/en/>
17. FAO. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. [Sede Web]. 2008. [acceso 23 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf>
18. WHO/FAO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition. 2007; (935):1-265.
19. FAO. Human vitamin and mineral requirements. [Sede Web]. Bangkok, 2001. [acceso 23 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y2809e.pdf>
20. Instituto Nacional de Salud-Ministerio de Salud. Requerimientos de energía para la población peruana. 2012: 1-59.
21. Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. [Sede Web]. 2008. [acceso 11 de abril de 2016]. Disponible en: http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c_es.pdf
22. Conferencia Internacional de Armonización (ICH). Normas de buena práctica clínica. [Sede Web]. 2008. [acceso 11 de abril de 2016]. Disponible en: http://www.aemps.gob.es/industria/inspeccionBPC/docs/guia-BPC_octubre-2008.pdf
23. Parks EP, Shaikhkhalil A, Groleau V, Wendel D, Stallings VA. Feeding healthy infants, children, and adolescents. In: Kliegman RM, Stanton BF, St Geme JW, Schor NF, eds. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 20th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2016;45.
24. Pajuelo J, Villanueva M, Chávez J. La Desnutrición Crónica, el Sobrepeso y la Obesidad en Niños de Áreas Rurales del Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*. 2000; 61(3):201-6.
25. Rivera JA, Pedraza LS, Martorell R, Gil A. Introduction to the double burden of undernutrition and excess weight in Latin America. *Am J Clin Nutr* 2014.
26. Generalitat de Catalunya. Guia de l'alimentació saludable a l'etapa escolar. [Sede Web]. Barcelona, 2005. [acceso 17 de setiembre de 2016]. Disponible en: http://ensenyament.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/monografies/alimentacio-saludable-etapa-escolar/l'alimentacio_saludable_etapa_escolar.pdf
27. Andrissi L, Mottini G, et al. Dietary habits and growth: an urban/rural comparison in the Andean region of Apurímac, Peru. *Ann Ist Sup San.* 2013; 49(4):340-6.
28. UNICEF. La desnutrición infantil. Causas, consecuencias

- cias y estrategias para su prevención y tratamiento. [Sede Web]. Madrid, 2011. [acceso 08 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.unicef.es/sites/www.unicef.es/files/Dossierdesnutricion.pdf>
29. FAO. Nutrición Humana en el mundo en Desarrollo. Vitaminas. [Sede Web]. 2002. [acceso 08 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm>
 30. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Instrumentos de evaluación dietética. [Sede Web]. 2006. [acceso 19 de setiembre de 2016]. Disponible en: http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/77-manual-de-instrumentos-de-evaluacion-dietetica
 31. Pita FS. Tipos de estudios epidemiológicos. Tratado de Epidemiología Clínica. Madrid; 2001: 25-47.

Recibido: 23-06-2016

Aceptado: 30-09-2016

La diarrea inducida con lactosa es mas severa, prolongada y produce mayores pérdidas fecales de macronutrientes en ratas cecotomizadas que en ratas intactas.

Miryan Montbrun, Marlén Gutiérrez, Anna M. Cioccia, Patricio Hevia

Facultad de Medicina, Escuela “José María Vargas”. Universidad Central de Venezuela.
Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela

RESUMEN. La diarrea inducida con lactosa en ratas ha servido para estudiar la alimentación durante la diarrea. Sin embargo, las ratas se adaptan al consumo de lactosa por lo que la diarrea dura aproximadamente una semana. Para establecer si la remoción del ciego podría prolongarla, aquí se comparó esta diarrea en ratas intactas y cecotomizadas. El experimento incluyó 16 ratas intactas y 16 cecotomizadas. A la mitad de las ratas en cada grupo se les ofreció una dieta con 45% de lactosa (grupo diarrea) y a la otra mitad una dieta sin lactosa (grupo control). El experimento duró 21 días con 3 recolecciones de heces de 48 h (días 2-4, 9-11 y 17-19). Los resultados mostraron que durante la primera recolección hubo diarreas similares tanto en los grupos de ratas intactas como cecotomizadas, pero en las próximas, sólo las cecotomizadas tenían una diarrea cuya severidad aumentó (3,5 veces) con el tiempo. Adicionalmente, en los dos tipos de ratas, las pérdidas fecales de proteína y grasa fueron proporcionales a la masa fecal húmeda excretada, pero fueron 2 veces más altas en las cecotomizadas. Se concluye que la cecotomía previene la adaptación, aumenta la severidad y prolonga la diarrea inducida con lactosa e incrementa notablemente las pérdidas fecales de los macronutrientes y reduce la eficiencia del alimento.

Palabras clave: Diarrea, lactosa, ratas intactas, cecotomizadas, severidad, pérdidas fecales, proteína, grasa.

SUMMARY. Lactose-induced diarrhea is more severe, last longer and produces more fecal macronutrient losses in cecectomized than in intact rats. Lactose induced diarrhea in rats has been used for studying the appropriated feeding during diarrhea. However, rats adapt to lactose and this diarrhea last approximately one week. In order to establish if cecum removal could prolong it, here lactose induced diarrhea was produced in intact and cecectomized rats. In the experiment there were 16 intact and 16 cecectomized rats. Halve of the rats in each group were fed a diet with 45% lactose (Diarrhea group) and the other halve a lactose free diet (Control group). The experiment lasted 21 days and included three 48h fecal collections (days 2-4, 9-11 and 17-19). The results showed that during the first collection both groups had diarrheas of similar severity but thereafter, only the cecectomized had a diarrhea whose severity increased (3.5 times) with time. Additionally, in both groups of rats, protein and fat fecal losses were proportional to fecal output but they were higher (2 times) in the cecectomized group. In conclusion, cecectomy prevents lactose adaptation and results in a diarrhea that last longer and it is more severe (3.5 times). Also in these rats fecal losses of macronutrients are higher whereas feed efficiency is lower.

Key words: Diarrhea, lactose, rats, intact, cecectomized, severity, fecal losses, protein, fat.

INTRODUCCIÓN

La diarrea está catalogada dentro de las primeras 10 causas de muerte a nivel global (1), afecta principalmente a los países más pobres (1) y es una patología típicamente infantil (2). En estos países, los niños menores de 5 años presentan un promedio de 3 episodios diarreicos por año (2) y, en ellos, es la primera causa de desnutrición (2,3,4), ya que estos episodios van acompañados de una disminución en el consumo de alimento, así como de su disponibilidad biológica y, en algunos casos, de un aumento en los requerimientos

nutricionales (4). Esto, favorece la desnutrición, la insuficiencia inmunológica y hace a estos niños más propensos a nuevos episodios diarreicos más difíciles de tratar (3,4,5). Este lamentable cuadro, justifica el estudio de la alimentación durante la diarrea (5).

Una herramienta útil en este tipo de estudios ha sido la inducción de diarrea en ratas, utilizando una dieta alta en lactosa. Con esta metodología ya descrita previamente (6), se logra producir una diarrea osmótica que tiene un efecto inflamatorio sobre la mucosa intestinal (7) y que reduce tanto el consumo de alimento, el crecimiento y la capacidad absorptiva de los macro (6-

11) y de los micronutrientes (12,13). Con este método se ha demostrado que esta diarrea afecta más a la mucosa intestinal que la diarrea secretora (7), pero sus consecuencias sobre la función absorptiva son menores, sugiriendo que la capacidad de absorber depende más de la velocidad de tránsito intestinal que de los cambios morfológicos asociados con la diarrea (5,7). Asimismo, utilizando este método se ha podido estudiar el efecto de la diarrea en ratas desnutridas y sus consecuencias sobre la disponibilidad de los nutrientes dietarios (8-10) y se ha demostrado que este tipo de diarrea aumenta el estrés oxidativo (13), afecta negativamente al estado nutricional de la vitamina E y es más severa en ratas deficientes en esta vitamina (13). Una observación importante en relación con este tipo de diarrea en ratas es que produce resultados similares a los obtenidos con niños con diarrea aguda en cuanto a la capacidad de utilizar la proteína dietaria (10,14) y reproduce observaciones generales sobre la alimentación durante la diarrea aguda en niños (5,15), como es el hecho que la excreción fecal de los macronutrientes es proporcional a la severidad de la diarrea, mientras que su digestibilidad y retención es inversamente proporcional a la masa fecal excretada. Asimismo, tanto los estudios en niños como en ratas con esta diarrea (5,15) señalan que la cantidad neta de los macronutrientes absorbidos y retenidos es proporcional a su consumo, observación que justifica la alimentación durante el episodio diarreico con nutrientes de fácil absorción y retención. En relación con esta alimentación, tanto los estudios con niños como con ratas (5,11,15) han permitido concluir que el factor que más compromete el estado nutricional durante la diarrea es la reducción en el consumo de alimento y la brecha energética que esto genera. Desde este punto de vista, la grasa (11) que es bien absorbida y tiene un alto valor calórico, es un nutriente importante para reducir esta brecha y un ingrediente atractivo para incluir en la alimentación durante el episodio diarreico, así como en el período de recuperación, ya que un buen aporte energético favorece la retención de la proteína (5,11,15).

Una observación recurrente en el caso de la diarrea inducida con lactosa en ratas es que la diarrea es intensa durante los primeros días y luego disminuye progresivamente, de manera que, después de unos 7-9 días, la masa fecal del grupo con diarrea se aproxima al grupo control sin lactosa (6-14), señalando que las ratas se adaptan al consumo de este carbohidrato. Esta

adaptación se ha asociado con una inducción de la lactasa en la mucosa intestinal estimulada por la lactosa (9,10), que resulta en una mayor capacidad de desdoblar la lactosa en glucosa y galactosa. Con esto, disminuye la concentración de lactosa y su efecto osmótico en el lumen del intestino. Otro argumento que se utiliza para explicar esta adaptación es a través del crecimiento de la flora intestinal que utiliza lactosa como sustrato, lo que reduce la presión osmótica y así la diarrea, en un proceso conocido en humanos como adaptación colónica (16).

En relación con la adaptación de las ratas a una dieta alta en lactosa, en trabajos anteriores (7,9,10), se observó que, al comparar el intestino grueso de las ratas adaptadas, ya sin diarrea, con las controles, el ciego de las adaptadas se encontraba marcadamente hipertrofiado, con un aspecto de globo que debido a la distensión, se había tornado transparente y permitía ver que su interior estaba lleno de gas y mucho líquido mezclado con una pequeña proporción de dieta no digerida. Esto sugirió que la carencia de diarrea en las ratas adaptadas podría deberse a que el exceso de líquido secretado en el intestino por el efecto osmótico de la lactosa, era retenido en el ciego y no se excretaba en las heces, razón por la cual, no se manifestaba una diarrea visible en las ratas adaptadas. Para probar esta hipótesis, se diseñó el presente experimento en el que se comparó la evolución temporal de la diarrea inducida con lactosa en ratas con su ciego intacto (ratas intactas) y en ratas a las que se les removió quirúrgicamente el ciego (ratas cecotomizadas). La expectativa fue que si la hipótesis resultara verdadera, las ratas cecotomizadas no se adaptarían al consumo de lactosa y la diarrea se mantendría en el tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Protocolo Experimental.

El estudio incluyó cuatro grupos con 8 ratas por grupo. Dos lo conformaron ratas intactas, mientras que los otros eran ratas cecotomizadas. Tanto en los grupos de ratas intactas como en los de cecotomizadas, la mitad consumió una dieta control y la otra una dieta que contenía lactosa agregada a expensa de los carbohidratos, con el fin de provocar diarrea. La formulación de la dieta control se basó en la dieta AIN 93 (17) y contenía: 16,7% de aislado de soya (Supro 900. Protein Technology International), 5% aceite de maíz, 3,5% de

mezcla de minerales AIN-MinMix93 (17), 1% de mezcla vitamínica AIN-VitMX93 (17), 0,2% Bitartrato de Colina, 0,3% DL-Metionina y 73,30% Almidón de Maíz. La dieta con lactosa era idéntica a la anterior pero tenía 28,30% Almidón de maíz y 45% de lactosa (6). Estas dietas se ofrecieron ad libitum a las ratas durante los 21 días que duró el experimento. Se utilizaron jaulas individuales de acero inoxidable que permitían recolectar separadamente las heces de la orina. Para la recolección de las heces diarreicas, sobre la rejilla que permite la separación de las heces de la orina, se colocó una malla de acero inoxidable con orificios más pequeños (20 mallas o 20 orificios por pulgada cuadrada). El agua también se ofreció ad libitum y se realizaron recolecciones de heces y orina de 48 h de duración entre los días 2-4, 9-11 y 17-19. El consumo de alimento, el peso de las ratas y el consumo de agua se midieron día por medio, incluyendo los días de recolección.

Ratas: Se utilizaron ratas machos de la cepa Sprague-Dawley provenientes del Bioterio de Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (Caracas-Venezuela). El estudio incluyó 32 ratas de las cuales 16 eran ratas a las que se les removió el ciego mediante una cecotomía quirúrgica.

Cecotomía: Se realizó esencialmente como recomendación Singleton y Wishmayer (18). Las ratas fueron anestesiadas por vía intramuscular, inoculando una de sus patas traseras con una combinación de ketamina (Keton, Laboratorios Reveex de Venezuela C.A.) y xilacina (Seton, Laboratorios Calier S.A. Venezuela) a una dosis de 75 y 10 mg/g peso corporal, respectivamente. Una vez anestesiadas, se realizó una incisión de 2 cm de longitud en la pared abdominal y se expuso el ciego. Una vez expuesto, se procedió a ligar el ciego en su porción proximal con una sutura Vicryl 4-0 (Ethicon), cuidando no comprometer la válvula íleo-cecal. Después de una aplicación de Iodo-Povinilpirrolidona al 1,1% (Povidine, Pharmacia Corporation de Venezuela), los planos muscular y de piel fueron suturados con Vicryl 3-0 y Prolene 3-0, (ambas Ethicon), respectivamente. Todo el material quirúrgico fue previamente esterilizado con una solución de Gerdex. Todas las ratas cecotomizadas fueron privadas de alimento por 18 y 24 h antes y después de la cirugía, respectivamente. Las ratas intactas igualmente fueron sometidas al mismo período de ayuno con el fin de mantener pesos corporales similares. Después de la operación, todas las ratas se mantuvieron con la dieta control y

agua ad libitum por un período de 10 a 14 días con el fin de asegurar su completa recuperación. Una vez terminado el postoperatorio, las ratas intactas se distribuyeron al azar en dos grupos de 8 ratas cada uno y las cecotomizadas se seleccionaron para conformar dos grupos de 8 ratas con pesos similares a los de las ratas intactas. Una vez seleccionados los grupos se realizó el experimento tal como ya se describió.

Muestras: Una vez terminado el experimento y obtenidas las muestras de heces y orina se procedió a anestesiarse a los animales en un desecador con éter para luego sacrificarlos por decapitación. Se diseccionó el intestino delgado (desde el píloro hasta la válvula íleo-cecal), el ciego (sólo en las ratas intactas), y el colon (desde la válvula íleo-cecal hasta su unión con el recto). El peso de cada segmento intestinal se determinó después de lavar con una solución salina al 0,9%. En el caso del ciego, se registró el peso del contenido cecal.

Las muestras de heces se dispusieron en tubos previamente pesados y se determinó su peso (peso húmedo). Luego se secaron en una estufa a 90°C hasta peso constante y se determinó su peso seco (sólidos fecales). En las muestras de heces secas se determinó el contenido de nitrógeno (19) y grasa (20). La orina se recolectó en tubos plásticos que contenían 1 ml de HCl 6N y se midió el volumen en un cilindro graduado.

Cuidado y manejo de las ratas: Se realizó de acuerdo a los lineamientos recomendados por el National Research Council (21).

Análisis estadístico de los resultados:

Los resultados se expresaron como medias y su desviación estándar. Para determinar los efectos de la lactosa y la cirugía se utilizó el análisis de varianza de 2 vías y para establecer a posteriori las diferencias entre las medias se utilizó el método de los rangos múltiples de Duncan. Los análisis se realizaron usando el paquete estadístico SPSS versión 17 y el nivel de significancia se fijó en 5%.

RESULTADOS

Las ratas cecotomizadas se recuperaron en general dentro de las 24 h posteriores a la cirugía y mostraron patrones de consumo y crecimiento similares a las intactas. La tasa de mortalidad asociada con la cirugía fue relativamente baja (10,53%) y de las ratas que murieron, aproximadamente, la mitad lo hizo en las primeras 24 h siguientes a la operación y la otra mitad,

dentro de los 4 días posteriores a la misma.

La Tabla 1 muestra que la diarrea inducida con lactosa estuvo asociada con una disminución en el consumo de alimento. Así, las ratas intactas con diarrea, consumieron el 81,22% de lo que consumieron sus controles sin diarrea. Las ratas cecotomizadas con diarrea también redujeron su consumo pero esta disminución fue menor y no alcanzó significancia estadística. Asimismo, la Tabla 1 muestra que las ratas cecotomizadas con diarrea tuvieron un consumo de alimento similar al de las ratas intactas sin diarrea. Esta diferencia en la respuesta al consumo de alimento asociado con la diarrea, también afectó el consumo de lactosa. La Tabla 1 también muestra que tanto el peso final como el crecimiento de las ratas con diarrea fueron significativamente menores al medido en las ratas sin diarrea. Adicionalmente, se observa que la cecotomía no afectó el crecimiento, ya que tanto las ratas intactas como las

cecotomizadas mostraron crecimientos similares cuando recibieron la dieta control o la dieta que indujo diarrea. Por último, la Tabla 1 muestra que en las ratas sin diarrea, la cecotomía no afectó la capacidad de las ratas para transformar el alimento en nuevos tejidos (crecimiento) que es lo que determina la eficiencia del alimento. Sin embargo, esta eficiencia fue menor en los dos grupos con diarrea, pero la disminución fue significativamente mayor en las ratas cecotomizadas.

La Tabla 2 muestra que, en general, la diarrea tuvo un efecto trófico tanto en el intestino delgado, como en el ciego y el colon. Debido a las diferencias en peso corporal entre las ratas con y sin diarrea, este efecto se aprecia mejor cuando el peso de cada segmento intestinal se expresa en relación al peso corporal (peso segmento/peso corporal). El efecto más notable fue el aumento del tamaño y del contenido del ciego en las ratas intactas con diarrea con respecto a las ratas intactas

TABLA 1. Consumo de alimento y lactosa, peso inicial y final, crecimiento y eficiencia alimentaria en ratas intactas y cecotomizadas alimentadas con dieta control o con lactosa durante 21 días.

	Intactas		Cecotomizadas	
	Control	Diarrea	Control	Diarrea
Consumo Alimento (g)	339,19±33,61 ^b	275,50±34,20 ^a	374,51±57,30 ^b	351,98±82,51 ^b
Consumo Lactosa (g)	-	123,98±15,39 ^a	-	153,89±37,13 ^b
Peso Inicial (g)	166,59±14,11 ^a	166,58±14,29 ^a	168,43±12,60 ^a	168,03±13,54 ^a
Peso Final 1 (g)	260,55±24,81 ^{bc}	228,04±21,98 ^a	280,33±32,69 ^c	234,10±23,8 ^{ab}
Crecimiento 1 (g)	93,97±14,16 ^b	60,69±10,26 ^a	111,90±27,93 ^b	61,66±21,61 ^a
Eficiencia Alimentaria (%)	27,59±1,94 ^c	21,32±2,77 ^b	29,63±4,35 ^c	16,61±5,55 ^a
N	8	8	8	8

La tabla muestra las medias ± SD de 8 ratas. Las medias con letras diferentes (a-c) son estadísticamente diferentes (p<0,05). 1. En el caso de las ratas intactas, el peso final y el crecimiento se midió después de remover el ciego.

TABLA 2. Dimensiones del intestino delgado, ciego y colon de ratas intactas y cecotomizadas después de consumir dieta control o con lactosa durante 21 días.

	Intactas		Cecotomizadas	
	Control	Diarrea	Control	Diarrea
Intestino delgado Peso (g)	6,74±0,70 ^a	9,88±1,63 ^b	7,01±1,03 ^a	9,34±0,84 ^b
Peso/peso corporal (mg/g)	25,67±1,70 ^a	40,47±6,64 ^b	25,06±2,58 ^a	40,03±3,00 ^b
Longitud (cm)	101,41±8,29 ^a	129,71±7,20 ^c	110,86±3,76 ^b	136,4±11,07 ^c
Ciego Peso (g)	0,44±0,051 ^a	1,69±0,30 ^b	-	-
Peso/peso corporal (mg/g)	1,68±0,17 ^a	7,18±1,67 ^b	-	-
Contenido (g)	2,26±0,41 ^a	14,64±4,36 ^b	-	-
Contenido/peso corporal(mg/g)	8,61±1,34 ^a	65,38±17,51 ^b	-	-
Colon Peso (g)	1,18±0,19 ^a	1,53±0,20 ^b	1,27±0,23 ^a	2,00±0,36 ^c
Peso/peso corporal (mg/g)	4,50±0,58 ^a	6,53±1,37 ^b	4,55±0,94 ^a	8,59±1,44 ^c
Longitud (cm)	13,58±1,24 ^a	17,20±1,50 ^c	15,33±1,55 ^b	18,92±1,77 ^d
N	8	8	8	8

La tabla muestra las medias ± SD de 8 ratas. Las medias con letras diferentes (a-d) son estadísticamente diferentes (p<0,05).

tas sin diarrea (4,27 y 7,6 veces respectivamente). Por esta razón, tanto el peso final como el crecimiento de estas ratas se muestran en la Tabla 1 después de restar el peso del ciego con su contenido.

La Figura 1 muestra que la incorporación de lactosa en la dieta produjo diarrea, tanto en las ratas intactas como en las cecotomizadas. Así, en el primer período

de recolección la masa fecal húmeda excretada por las ratas intactas con diarrea fue ~ 6 veces mayor que la excretada por las ratas sin diarrea, mientras que, en las ratas cecotomizadas con diarrea, la masa fecal húmeda fue ~10 veces mayor. Sin embargo, esta situación cambió con el paso del tiempo y en la recolección realizada entre los días 9 y 11, sólo las ratas cecotomizadas te-

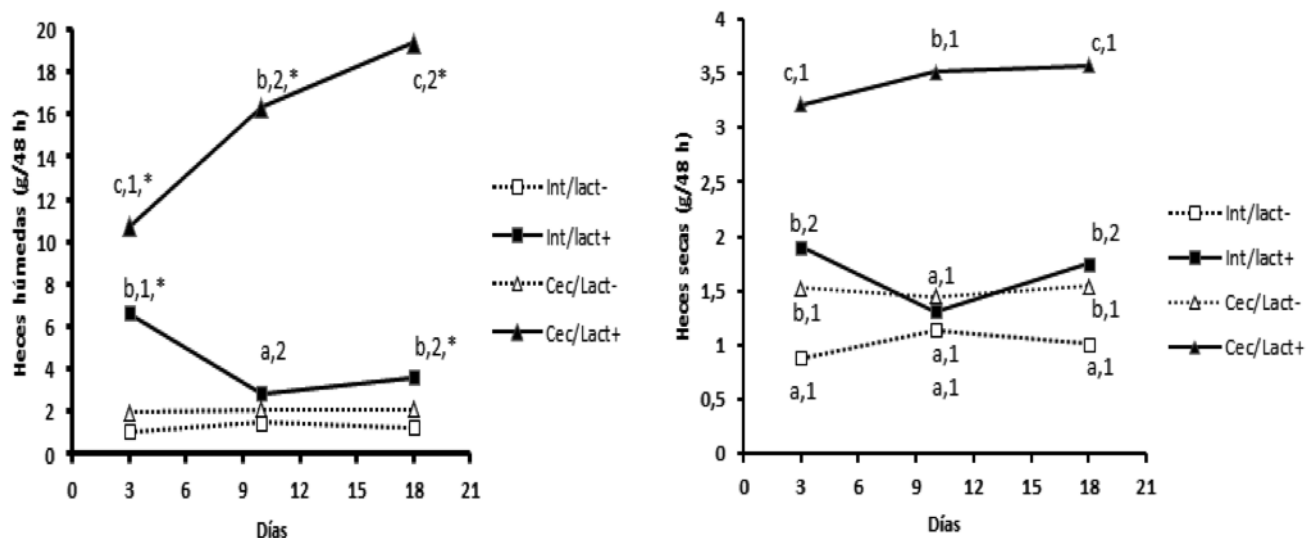


FIGURA 1. Masa fecal húmeda (izquierda) y seca (derecha) en ratas intactas o cecotomizadas que consumieron dietas con lactosa (diarrea) o sin lactosa (controles) durante

TABLA 3. Porcentaje de humedad y de sólidos en las heces, consumo de agua y volumen de orina en ratas intactas o cecotomizadas que consumieron dietas control o con lactosa, medidos a diferentes tiempos en un estudio que duró 21 días.

	Intactas Control	Diarrrea	Cecotomizadas Control	Diarrrea
Heces % Humedad				
2 - 4 días	14,76±3,20 ^{a,1}	69,52±5,17 ^{c,2}	25,77±7,64 ^{b,1}	69,57±5,12 ^{c,1}
9 - 11 días	19,69±4,34 ^{a,2}	62,33±11,94 ^{c,2}	35,67±7,08 ^{b,2}	77,78±3,63 ^{d,2}
17 - 19 días	14,62±2,18 ^{a,1}	49,80±11,88 ^{c,1}	26,02±5,53 ^{b,1}	79,58±3,47 ^{d,2}
% Sólidos				
2 - 4 días	83,17±6,57 ^{c,1}	30,48±5,17 ^{a,1}	73,23±10,72 ^{b,2}	30,43±5,12 ^{a,2}
9 - 11 días	78,04±7,59 ^{d,1}	37,67±11,94 ^{b,1}	64,33±7,07 ^{c,1}	22,22±3,63 ^{a,1}
17 - 19 días	82,10±6,70 ^{d,1}	50,21±11,88 ^{b,2}	73,98±5,53 ^{c,2}	20,42±3,47 ^{a,1}
Consumo H2O (ml)				
2 - 4 días	45,25±7,46 ^{a,1}	63,56±14,58 ^{b,1}	39,95±8,13 ^{a,1}	108,12±27,91 ^{c,1}
9 - 11 días	44,30±7,69 ^{a,1}	43,43±9,62 ^{a,1}	41,43±10,41 ^{a,1}	133,75±31,28 ^{b,1,2}
17 - 19 días	51,40±8,53 ^{a,1}	49,90±10,57 ^{a,1,2}	43,98±11,41 ^{a,1}	152,67±35,56 ^{b,2}
Volumen Orina (ml)				
2 - 4 días	19,93±5,07 ^{a,1}	21,36±7,19 ^{a,1}	15,63±4,76 ^{a,1}	54,42±11,58 ^{b,1}
9 - 11 días	22,70±5,61 ^{a,1}	30,42±9,63 ^{a,1}	17,60±3,01 ^{a,1}	61,33±14,65 ^{b,1}
17 - 19 días	22,00±4,43 ^{a,1}	25,83±9,30 ^{a,1}	20,75±5,07 ^{a,1}	63,10±14,34 ^{b,1}
N	8	8	8	8

La tabla muestra las medias ± SD de 8 ratas. Las medias con letras diferentes (a-d) muestran diferencias en una misma fila ($p < 0,05$). Las medias con números diferentes (1-2) muestran diferencias entre períodos de recolección ($p < 0,05$).

nían diarrea y esta era más severa que la mostrada en la recolección anterior y, así, al compararla con las ratas controles intactas, la masa fecal de las cecotomizadas fue ~16 veces mayor. Durante la última recolección (días 17-19), las ratas cecotomizadas continuaron presentando una diarrea de severidad similar a la detectada en la recolección anterior. En contraste, la masa fecal de las ratas intactas, durante esta recolección, fue sólo ligeramente mayor al medido en las ratas controles. Estos resultados indican que las ratas intactas presentaron una diarrea severa al inicio del experimento, pero luego se adaptaron al consumo de lactosa y dejaron de tener diarrea. En cambio, en las ratas cecotomizadas, la diarrea mostró una mayor severidad al inicio y se hizo aún más severa con el paso del tiempo. Esto también lo muestra la suma de la masa fecal húmeda excretada en las tres recolecciones. Así, en las ratas intactas la masa fecal excretada durante la primera recolección (días 2-4 y mostrada como día 3 en la figura) fue de 6,64 g/48h, la excretada durante la segunda re-

colección (días 9-11 y mostrada como día 10 en la figura) fue de 2,84 g/48h y la excretada durante la tercera y última recolección (días 17-19 y mostrada como día 18 en la figura) fue de 3,63 g/48h. Con esto, la masa fecal húmeda total excretada en las tres recolecciones alcanzó a 13,11g en las ratas intactas con diarrea. En contraste en las ratas cecotomizadas, la masa fecal húmeda excretada durante estos mismos periodos de recolección fue de 10,73 g/48h; 16,32 g/48h y 19,35 g/48h, lo que hace un total de 46,4g, indicando que, en estas ratas, la diarrea fue 3,54 veces mayor.

La Figura 1 (panel derecho) muestra los sólidos fecales o la masa fecal seca. En la figura se observa que el comportamiento de los sólidos fecales fue muy similar a lo recién descrito y confirma la adaptación al consumo de lactosa en las ratas intactas y la mayor severidad y prolongación de la diarrea en el tiempo de las ratas cecotomizadas. Esto señala, además, que durante el proceso diarreico no sólo se pierde agua sino también residuos sólidos provenientes de la dieta consumida.

TABLA 4. Excreción neta de proteína y grasa, relaciones entre la excreción de proteína o de grasa versus la masa fecal húmeda excretada y digestibilidades aparentes de la proteína o la grasa dietarias en ratas intactas o cecotomizadas que consumieron dietas control o con lactosa, medidos a diferentes tiempos en un estudio que duró 21 días.

	Intactas		Cecotomizadas	
	Control	Diarrea	Control	Diarrea
Excreción Proteína (g/48 h)				
2 - 4 días	0,26±0,065 ^{a,1}	0,49±0,970 ^{b,1}	0,42±0,093 ^{b,1}	0,79±0,14 ^{c,1}
9 -11 días	0,36±0,033 ^{a,2}	0,46±0,160 ^{a,1}	0,43±0,095 ^{a,1}	0,90±0,14 ^{b,1}
Excr. Prot. vs Heces Húmedas	Y = 4,65x10 ⁻² X + 0,189 (r = 0,92)		Y = 4,32x10 ⁻² X + 0,333 (r = 0,81)	
Digest. Prot. (%)				
2 - 4 días	94,95±1,23 ^{c,2}	87,77 4,00 ^{b,1}	91,83 2,88 ^{c,1}	82,92 3,40 ^{a,1}
9 -11 días	93,44±0,31 ^{b,1}	90,04 3,17 ^{b,1}	92,65 1,58 ^{b,1}	81,53 6,80 ^{a,1}
Excreción Grasa (g/48 h)				
2 - 4 días	0,16±0,093 ^{a,1}	0,24±0,040 ^{b,1}	0,26±0,061 ^{b,1}	0,44±0,12 ^{c,1}
9 -11 días	0,19±0,021 ^{a,1}	0,20±0,053 ^{a,1}	0,22±0,053 ^{a,1}	0,45±0,084 ^{b,1}
Excr. Grasa. vs Heces Húmedas Digest. Grasa (%)	Y = 1,91x10 ⁻² X + 0,117 (r = 0,86)		Y = 2,76x10 ⁻² X + 0,173 (r = 0,89)	
2 - 4 días	87,16 3,11 ^{d,1}	75,38 7,73 ^{b,1}	81,52 5,77 ^{c,1}	61,80 3,78 ^{a,1}
9 -11 días	85,48 1,60 ^{b,1}	84,61 4,66 ^{b,2}	83,92 2,99 ^{b,1}	62,97 7,69 ^{a,1}
N	8	8	8	8

La tabla muestra las medias ± SD de 8 ratas. Las medias con letras diferentes (a-d) muestran diferencias en una misma fila (p<0,05). Las medias con números diferentes (1-2) muestran diferencias entre periodos de recolección fecal (p<0,05).

1. Las ecuaciones de regresión lineal entre la excreción de proteína o grasa (y) y la masa fecal húmeda (x) incluyen todas las ratas intactas o cecotomizadas en los dos periodos de recolección.

La Tabla 3 muestra que, en las ratas con diarrea, las heces contenían más agua y menos sólidos que sus respectivos controles sin diarrea. Sin embargo, en las ratas intactas con diarrea, la humedad fecal se redujo mientras que la concentración de sólidos fecales aumentó con el tiempo de exposición a la dieta que contenía lactosa y producía diarrea. En contraste, en las ratas cecotomizadas con diarrea ocurrió lo contrario.

La Tabla 3 también muestra, que, en las ratas intactas, la diarrea estuvo asociada con un aumento en el consumo de agua sólo en el período correspondiente a la primera recolección (2-4 días), sin afectar el volumen de orina. Sin embargo, en las ratas cecotomizadas, la diarrea causó un aumento notable tanto en el consumo de agua (~3 veces) como en el volumen de orina (~3 veces). Adicionalmente, se observa que, en las ratas controles, la cecotomía no afectó ni el consumo de agua ni el volumen de orina.

La Tabla 4 muestra que la excreción fecal de la proteína y de la grasa dietaria aumentó con la diarrea tanto en las ratas intactas como en las cecotomizadas. Sin embargo, en las intactas, el aumento se observó sólo durante la primera recolección, mientras que, en las cecotomizadas, esto se mantuvo en el tiempo. La tabla también muestra que el aumento en la excreción fecal tanto de la proteína (y) como de la grasa (y) fue directamente proporcional a la masa fecal húmeda excretada (x) en las ratas intactas y en las cecotomizadas. En las ecuaciones que describen esta relación y que incluyen la masa fecal húmeda (x) de todas las intactas o cecotomizadas con y sin diarrea, se observa que, en el caso de la proteína, las mayores excreciones fecales en las ratas cecotomizadas se debieron a un mayor intercepto y un mayor valor de x (masa fecal húmeda) que en la ecuación que describe lo mismo en las ratas intactas. En el caso de las pérdidas fecales de grasa, la curva correspondiente a las ratas cecotomizadas muestra un mayor intercepto, una mayor masa fecal (x) y además una mayor pendiente ($2,76 \times 10^{-2}$) que la de la curva de las ratas intactas ($1,91 \times 10^{-2}$), justificando así la mayor excreción (pérdidas) fecal de grasa en las cecotomizadas que en las intactas.

Adicionalmente, la Tabla 4 muestra que el porcentaje de digestibilidad aparente de la proteína y la grasa, disminuyó con la severidad de la diarrea (masa fecal), tanto en las ratas intactas como en las cecotomizadas. Sin embargo, esta disminución, tal como se describió anteriormente en el caso de la excreción neta de estos

macronutrientes, en las ratas intactas, fue significativa sólo en la primera recolección, mientras que, en las cecotomizadas, se mantuvo en el tiempo. Adicionalmente, se observa que el grado de reducción de la digestibilidad de la grasa asociado con la diarrea fue mayor en las ratas cecotomizadas que en las intactas.

Por último, los resultados mostraron que, tanto en las ratas intactas como en las cecotomizadas, con o sin diarrea, la cantidad neta de proteína y grasa absorbidas fueron directamente proporcionales a las consumidas (Proteína: Intactas $r = 0,92$; Cecotomizadas $r = 0,81$). (Grasa: Intactas $r = 0,86$; Cecotomizadas $r = 0,89$), indicando que estas ratas mientras más consumían, más absorbían.

DISCUSIÓN

Una característica de la diarrea inducida con lactosa y que confirma este trabajo, es que su severidad disminuye con el tiempo, dura aproximadamente una semana y las pérdidas de nutrientes que produce son menores que las asociadas con la diarrea aguda infantil, asemejándose más a las que provoca la diarrea persistente (5-15). Aunque la magnitud de las pérdidas y su corta duración resultan apropiadas para el estudio de nutrientes cuyos depósitos cambian rápidamente, como es el caso de las grasas y proteínas, estas características pueden limitar la capacidad del modelo para evaluar los efectos de la diarrea sobre el estado nutricional de nutrientes que se caracterizan por tener grandes depósitos y pérdidas diarias bajas, como ocurre, por ejemplo en el caso de las vitaminas liposolubles (12,13). Por este motivo, es conveniente contar con un modelo en ratas que produzca diarreas que provoquen pérdidas de nutrientes de mayor cuantía y duración. Esto se logró en este estudio al remover quirúrgicamente el ciego de ratas con diarrea inducida con lactosa.

Así, comparando con las ratas controles, la masa fecal húmeda de las ratas intactas con diarrea fue alta durante la primera recolección fecal (los primeros 2-4 días), inexistente entre los días 9-11 y muy leve durante la última recolección (días 17-19). En contraste, en las ratas cecotomizadas, el incremento en la masa fecal con respecto a su control fue similar al observado en las intactas durante la primera recolección, pero se hizo cada vez mayor con el avance del experimento. Con esto, sumando las masas fecales de las tres reco-

lecciones, la excreción fecal de las ratas intactas con diarrea fue de 13,11 g, mientras que en las cecotomizadas fue 46,4 g, es decir, 3,54 veces mayor. Por esta razón, como las pérdidas de grasa y proteína fueron directamente proporcionales a la masa fecal excretada, la diarrea inducida con lactosa produjo pérdidas de grasa y proteína mayores en las ratas cecotomizadas que en las intactas y la consecuencia de esto fue que la digestibilidad de las proteínas y la grasa dietarias, medidas en estos dos tipos de ratas, resultó menor en las cecotomizadas.

Una observación recurrente en todos los estudios realizados con ratas intactas a las que se les produjo diarrea con lactosa fue un ciego hipertrofiado, lleno de gas, mucho líquido y restos de dieta. Esto lo ilustra el trabajo publicado por Atta Boakye y colaboradores (22) en el que se muestra fotografías de los ciegos de ratas con diarrea inducida con lactosa a las que se les administró varias concentraciones de un extracto del antidiarreico natural conocido como *Garcinia Buchanani* Bark. En el caso del presente estudio, los resultados mostraron que, al finalizar el experimento, en las ratas intactas a las que se les indujo diarrea con lactosa, el peso del ciego vacío era aproximadamente 4 veces mayor que en las ratas controles y el peso del material (líquido y residuos) contenido en el ciego fue entre 6 y 8 veces mayor. Esto se evidencio en ratas que ya prácticamente no tenían diarrea, mostrando la adaptación al consumo de lactosa. En contraste, en las ratas a las que se les removió el ciego antes de iniciar el experimento, esta adaptación no ocurrió, ya que la diarrea se mantuvo durante todo el experimento, aumentando en severidad con el transcurso del tiempo y generando una excreción fecal, que en su conjunto, fue unas tres y media veces mayor.

La adaptación al consumo de lactosa se ha demostrado en humanos intolerantes a la ingesta de este disacárido y se ha atribuido a cambios que ocurren en el colon (16). En estos pacientes, los principales síntomas de la intolerancia, como son las molestias estomacales así como la diarrea, desaparecen después de algunos días de mantener un consumo de lactosa (16). Esto se parece a lo observado aquí en las ratas intactas que consumieron lactosa. En humanos, esto se atribuye a cambios en la flora bacteriana (densidad y diversidad) que crean en el colon condiciones más propicias para digerir la lactosa y/o para eliminar los productos que se generan a partir de su metabolismo

y que están asociados con los síntomas de la intolerancia, como son CO₂, H₂ y metano (16). De acuerdo con los resultados de este experimento, esta adaptación que en humanos ocurre en el colon, en la rata ocurre en el ciego. La evidencia de esto es que la remoción del ciego eliminó la capacidad de la rata de adaptarse al consumo de lactosa. Esto también se ha visto en diarreas producidas con secretagogos intestinales como la prostaglandina E-2, la toxina del cólera y el carbacol (23,24).

El ciego es el sitio de unión entre la última porción del intestino delgado (íleo) y la más proximal del grueso (colon ascendente). Ambas estructuras se unen a través de la válvula ileocecal. En la rata el ciego tiene una apariencia tubular y conecta con el intestino grueso a través de la unión cecocólica. De esta manera, el ciego recibe el alimento parcialmente digerido (quimo) proveniente del íleo en porciones cuya magnitud depende del funcionamiento de la válvula ileocecal, lo procesa y lo conduce al colon ascendente. El ciego cumple funciones importantes en el proceso digestivo, entre estas se destacan: A) Reduce la velocidad de paso de los alimentos a través del intestino delgado y evita que el contenido del intestino grueso retorne al delgado. B) Sirve como un reservorio para los líquidos provenientes del intestino delgado. C) Participa en la absorción de las sales minerales y electrolitos disueltos en estos líquidos. D) Contiene bacterias que generan nutrientes útiles para el hospedador a partir de la fracción no digerida del quimo, principalmente la fibra y probablemente en este estudio la lactosa. E) Asiste en la formación de las heces, facilitando el paso del material sólido mezclado con bacterias y moco producido por el ciego al colon ascendente (25).

Aunque no fue el propósito de este estudio determinar como la remoción del ciego evita la adaptación al consumo de lactosa, es probable que una razón importante haya sido que los animales cecotomizados no pudieron retener líquido en el ciego y en consecuencia, el exceso de líquido producido por este tipo de diarrea osmótica pasó directamente a las heces. Evidencia de esto fue la gran cantidad de líquido claramente visible en un ciego cuyo contenido era entre 6 y 8 veces mayor que el de las ratas intactas sin diarrea. También apoya esta idea el hecho que las heces de las ratas cecotomizadas con diarrea tenían más agua que las intactas, especialmente en las dos últimas recolecciones

fecales que corresponden a los períodos en que las ratas intactas casi no mostraron diarrea ya que se habían adaptado al consumo de lactosa. Esto no descarta que otros cambios, como la inducción de la lactasa (9,10) o la estimulación de bacterias que cambian la microbiota intestinal, ya descrita en el caso de la adaptación colónica (16), también hayan contribuido con el proceso de adaptación al consumo de lactosa.

Aunque la principal diferencia entre la diarrea inducida con lactosa en ratas intactas y cecotomizadas fue que la cecotomía produjo diarreas más severas y prolongadas y heces más acuosas, también hubo otras diferencias. Por ejemplo, la diarrea en las ratas cecotomizadas no afectó el consumo de alimento, pero produjo una disminución mayor en la eficiencia alimenticia. Asimismo, aunque la diarrea inducida con lactosa estuvo asociada con un incremento en las pérdidas fecales tanto de la proteína como de la grasa dietaria, estas pérdidas fueron mayores en las ratas cecotomizadas. Igualmente, en los dos tipos de ratas, la diarrea produjo una disminución en la digestibilidad de ambos macronutrientes, pero esta disminución fue mayor en las ratas cecotomizadas y afectó más negativamente a la grasa, señalando que en la rata, el ciego tiene una participación importante en la absorción de este macronutriente. Es posible que la menor biodisponibilidad de los macronutrientes, así como la carencia de una acción digestiva por parte de las bacterias del ciego sobre el alimento no digerido incluyendo a la lactosa, contribuyan con la mayor disminución de la eficiencia alimenticia observada en las ratas cecotomizadas.

Otra diferencia notable observada en este estudio, fue que la diarrea inducida con lactosa en las ratas cecotomizadas estuvo asociada con un mayor consumo de agua y diuresis que en las ratas intactas. Es probable que esto ocurra debido a que, al no tener ciego, estas ratas no pudieron conservar agua, se perdió en las heces y tuvo que ser compensado con un mayor consumo.

Una observación importante fue que, a pesar de las diferencias entre estos dos modelos de diarrea, ambos mostraron, que tal como ocurre en la diarrea infantil, la fracción neta de los macronutrientes que se absorben es directamente proporcional al consumo, justificando la alimentación durante el episodio diarreico.

En conclusión, este trabajo aporta un nuevo modelo de diarrea inducida por lactosa que puede ser útil en

el estudio del efecto de esta patología sobre el estado nutricional y el tipo de alimentación más apropiado durante el episodio diarreico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Enrique Montbrun, médico cirujano del Centro Médico de Caracas, y Superintendente de Salud de la Alcaldía de Baruta del Estado Miranda, por su asesoría y adiestramiento en la cecotomía y a la Dra. Ángela Martínez, médico veterinario, Jefe del Bioterio de la Escuela de Medicina “José María Vargas” por su asesoría en el manejo y anestesia de las ratas.

REFERENCIAS

1. WHO. The top causes of death. Fact Sheet No 310. Updated May 2014. Disponible en: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/ (Visitado Mayo 9, 2016).
2. WHO. Children reducing mortality. Fact Sheet 178. Updated January 2016. Disponible en: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs178/en/ (Visitado Mayo 12, 2016).
3. Brown K H. Diarrhea and malnutrition. *J Nutr* 2003; 133: 328S-332S.
4. WHO. Diarrhoeal Disease. Fact Sheet 330. Updated April 2013. Disponible en: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/en/ (Visitado Abril 2016).
5. Hevia P, Carías D, Cioccia AM, González E. Diarrea y Nutrición: experiencias en niños y ratas. *Ann Venez Nutr* 1998; 11(1): 28-36.
6. Aristimuño O, Cioccia AM, Gutiérrez M, Carías D, Hevia P. Caracterización de un modelo en ratas, útil en el estudio de las consecuencias nutricionales de la diarrea. *Arch Latinoam Nutr* 2009; 59(3): 235-244.
7. De Lima M, González E, Cioccia AM, Hevia P. Efectos de la diarrea osmótica y secretora sobre la función y morfología del intestino en ratas. *Arch Latinoam Nutr* 2002; 52 (1): 20-28.
8. Arciniegas E, Cioccia AM, Hevia P. Efecto de la diarrea inducida con lactosa sobre la disponibilidad de los macronutrientes y la función inmune en ratas nutridas y desnutridas. *Arch Latinoam Nutr* 2000; 50(1): 48-54.
9. Gutierrez M, Carías D, Cioccia AM, Hevia P. Efectos de la diarrea sobre la utilización de nutrientes en ratas con desnutrición proteico-calórica o desnutrición proteica. *Arch Latinoam Nutr* 2006; 56 (1): 46-50.
10. Carías D, Gutierrez M, Cioccia AM, Hevia P. Utilidad de las proteínas de pollo y de soja en ratas nutridas o desnutridas con diarrea inducida con lactosa. *Acta Bio-*

- quim Clin Latinoam 2011; 45(1): 95-108.
11. González EG, Sánchez G, Cioccia AM, Hevia P. Absorción de grasa provenientes de tres fuentes dietarias en ratas con diarrea inducida con lactosa. Arch Latinoam Nutr 2001; 51 (3): 244-249.
 12. Liuzzi JP, Cioccia AM, Hevia P. In well-fed young rats, lactose-induced chronic diarrhea reduces the apparent absorption of vitamins A and E and affects preferentially vitamin E status. J Nutr 1998; 128: 2467-2472.
 13. Dellán G, Carías D, Cioccia A M, González E, Hevia, P. La diarrea inducida con lactosa estimula la condición oxidativa y es más severa en ratas deficientes en vitamina E. Arch Latinoam Nutr 2005; 55(1): 34-41.
 14. Carías D, Cioccia AM, Hevia P, Romer H, Guerra M, Brito O. Utilización de nutrientes en niños con diarrea aguda alimentados con fórmulas en base a pollo y soja. Arch Latinoam Nutr 1999; 49: 130-137.
 15. González E, Piñero D, Romer H, Guerra M, Hevia P. Alternativas para la alimentación durante la diarrea aguda. Arch Ven Puericul Ped 1992; 55(1): 16-19.
 16. Savaiano DA, Ritter AJ, Todd RK, Gareth MJ, Longcore JR, Chandler JR, Walker WA, Howard LF. Improving lactose digestion and symptoms of lactose intolerance with a novel galactose oligosaccharide (RP-G28): a randomized double-blind clinical trial. Nutrition J 2013; 12: 160. DOI: 10.1186/1475-2891-12-160. Visitado 5 de Junio 2016.
 17. Reeves PG, Forrest H, Nielsen H, Fahey GC. AIN-93 Purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76 rodent diet. J Nutr 1993; 123: 1939-1951.
 18. Singleton KD, Wischmeyer PE. Distance of cecum ligation influences mortality, tumor necrosis factor-alpha and interleukin-6 expression following cecal ligation and puncture in the rat. Eur Surgical Res 2003; 35 (6): 73-81.
 19. Hevia P, Cioccia AM. Application of a colorimetric method to the determination of nitrogen in nutritional studies with rats and humans. Nutr Rep Int 1988; 38 (6) 1129-1136.
 20. Blight E, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol 1959; 37: 911-920.
 21. National Research Council. Guide for care and use of laboratory animals. Eighth Edition. The National Academy Press. Washington DC. 2011.
 22. Atta Boakye P, Brierley SM, Pasilis-Onesmo SP, Balembe OB. Garcinia buchananii bark extract is an effective anti-diarrheal remedy for lactose-induced diarrhea. J Ethnopharmacology 2012; 142 (2): 539-547.
 23. Fondacaro JD, Kolpak DC, Bumham DB, McCaffery GP. Cecectomized rat. A model of experimental secretory diarrhea in conscious animals. J Pharmacol Methods 1990; 24 (1): 59-71.
 24. Shimizu I, Kawashima K, Yoshida N, Ito T. Analysis of 16,16-dimethylprostaglandin E-2 induced diarrhea in cecectomized rats. Arch Int Pharmacodyn Ther 1994; 328 (3): 326-343.
 25. Herdt TH, Sayegh AI. Physiology of the Gastrointestinal Tract. En "Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology". Ed. BG.Klein. Fifth Edition. Elsevier. P 263-342. 2013.

Recibido: 02-08-2016
 Aceptado: 12-09-2016

Índice de masa corporal y porcentaje de grasa en adultos indígenas ecuatorianos Awá

Mariana Oleas Galeas, Amparito Barahona, Raquel Salazar Lugo

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Proyecto Prometeo, Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), Ecuador

RESUMEN. Este estudio observacional transversal evaluó el estado nutricional de 120 adultos indígenas ecuatorianos Awá para determinar la correlación entre IMC y porcentaje de grasa corporal mediante bioimpedancia, y evaluar la precisión diagnóstica del IMC para la detección de exceso de grasa. La media de IMC fue de $23,81 \pm 1,95$ kg / m² en hombres y $23,58 \pm 1,95$ kg / m² en mujeres, y la media de porcentaje de grasa fue de $11,4 \pm 5,9$ en hombres y $19,97 \pm 7,19$ en mujeres. Se observó una correlación positiva significativa entre IMC y porcentaje de grasa en hombres ($r=0,54$, $p<0,01$) y en mujeres ($r=0,72$, $p<0,01$). También hubo una correlación positiva significativa en los grupos de 18-40 años ($r=0,79$, $p<0,01$) y 40-59 años ($r=0,49$, $p<0,01$), mientras que en mayores de 60 años, la correlación fue positiva pero no significativa ($r=0,50$, $p=0,97$). Además, hubo una correlación significativa en el grupo de adiposidad saludable ($r=0,54$, $p<0,001$), pero no se encontró significancia en los grupos de baja y alta adiposidad ($r=0,07$ $p=0,57$, $r=0,38$ $p=0,31$ respectivamente). Un IMC ≥ 25 kg/m² tuvo una sensibilidad de 90%, especificidad de 75% y un área bajo la curva de 0,88 (IC del 95% 0,81 a 0,95) para detectar exceso de grasa. En conclusión, aunque el uso del IMC como predictor de exceso de grasa se justifica en esta población, es necesario establecer otros indicadores que permitan evaluar de manera más integral y compleja el estado nutricional, no solamente enfocados en los problemas de sobrepeso y obesidad.

Palabras clave: Índice de masa corporal, grasa corporal, bioimpedancia, composición corporal, etnia Awá.

SUMMARY. Body mass index and fat percentage in adults Ecuadorian indigenous Awá. This cross-sectional study assessed the nutritional status of 120 Ecuadorian indigenous adults Awá to determine the correlation between BMI and body fat percentage estimated by bioelectrical impedance, as well as to evaluate the diagnostic accuracy of BMI to detect excess body fat percentage in this population. Mean BMI was 23.81 ± 1.95 kg / m² in men and 23.58 ± 1.95 kg / m² in women, and mean body fat percentage was 11.4 ± 5.9 in men and 19.97 ± 7.19 in women. A significant positive correlation was observed between BMI and body fat percentage in men ($r=0.54$, $p<0.01$) and in women ($r=0.72$, $p<0.01$). There was also a significant positive correlation in groups of 18-40 years ($r=0.79$, $p<0.01$) and 40-59 years ($r=0.49$, $p<0.01$), while in older than 60 years the correlation was positive but not significant ($r=0.50$, $p=0.97$). There was significant correlation in the group considered healthy by fat percentage ($r=0.54$, $p<0.001$), but there was no significant correlation in under fat and over fat groups ($r=0.07$ $p=0.57$, $r=0.38$ $p=0.31$ respectively). BMI ≥ 25 kg/m² showed a sensitivity of 90%, specificity 75% and an area under the curve of 0.88 (95% CI from 0.81 to 0.95) to detect excess body fat. In conclusion, although the use of BMI as a predictor of excess fat is justified in this population, it is necessary to conduct more studies to develop additional indicators for assessing the nutritional status of in more comprehensive way, not only focused on overweight and obesity

Key words: BMI, body fat bioimpedance, body composition, ethnic Awá

INTRODUCCIÓN

El Índice de Masa Corporal (IMC) es en la actualidad el método más usado para identificar sobrepeso y obesidad en adultos y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda su uso por tratarse de un indicador simple, fácil de calcular, pero sobre todo porque se piensa que es independiente de la edad y la población de referencia y se puede utilizar para hacer comparaciones entre los estudios (1,2). El IMC tam-

bién ha sido ampliamente usado como una medida subrogada del porcentaje de grasa corporal, aunque algunos estudios han demostrado que estos tienen una asociación imperfecta que puede verse influenciada por factores como edad, género y etnicidad (2,3).

Se han realizado estudios en diversos grupos étnicos con el fin de evaluar si se modifica la relación entre IMC y porcentaje de grasa corporal, especialmente en grupos poblacionales provenientes de Asia del Sur en donde se encontraron IMC bajos con altos porcentajes

de grasa corporal (4).

La importancia de la etnia como un factor que potencialmente modifique la relación IMC porcentaje de grasa corporal no ha sido considerada en la evaluación nutricional de ciertos grupos poblacionales minoritarios ecuatorianos. Lo que ha llevado a asumir que esta relación se comporta de manera homogénea dentro de la gran gama de etnias existentes en nuestro país.

En Ecuador, hay alrededor de 3.700 indígenas Awá viviendo en condiciones de extrema pobreza y desnutrición, presentan altas tasas de morbimortalidad. El 50 % mueren antes de cumplir 40 años, la mayoría son analfabetos, presentan una alta tasa de fecundidad. Las principales causas de muerte entre los niños de esta etnia son las infecciones respiratorias y enfermedades diarreicas agudas; entre los adultos la tuberculosis, el paludismo, homicidio, suicidio y alcoholismo (5).

Dada la alta prevalencia de desnutrición y talla baja, encontrada en esta etnia, así como el alto gasto energético producto de las actividades que realizan ya que caminan alrededor de 20 horas cada semana para acercarse a la cabecera parroquial de Chical, (zona fronteriza Ecuador- Colombia) lugar donde se abastecen de alimentos y de otros requerimientos, la relación IMC- porcentaje de grasa corporal podría verse modificada.

Tomando en cuenta estos aspectos en este trabajo se evaluó el estado nutricional en una muestra de la etnia Awá; para determinar la correlación existente entre IMC y porcentaje de grasa corporal estimada por bioimpedancia así como también para evaluar el poder diagnóstico del IMC con el fin de disponer de información para el diseño de intervenciones alimentarias nutricionales orientadas a esta población específica que no ha sido estudiada previamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio y población:

Estudio de tipo descriptivo transversal que incluyó a 120 voluntarios sanos de entre 19 a 65 años, hombres (n= 48) y mujeres (n=72) de la etnia Awá residentes en Chical-San Marcos ubicado en el noroccidente de la zona fronteriza Ecuador-Colombia. Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes, la confidencialidad se mantuvo durante el almacenamiento, la recuperación y el análisis de datos.

Medidas antropométricas:

Las medidas antropométricas fueron tomadas por la

mañana. Los sujetos de estudio se pesaron en una balanza electrónica, con el mínimo de ropa y sin zapatos y se midieron con un tallímetro fijo, los sujetos fueron colocados con los talones, las nalgas, la espalda y la cabeza contra la superficie vertical del tallímetro con la cabeza colocada en el plano horizontal de Frankfort. El índice de masa corporal (IMC) fue calculado con el peso en kilogramos dividido por la altura al cuadrado en metros (kg / m^2). Se utilizaron los puntos de corte del IMC establecidos por la OMS que define un IMC < 18,5 con delgadez, entre 18,5 y 24,9 normal, entre 25 y 29,9 con sobrepeso y de 30 a más con obesidad (6).

Porcentaje de grasa corporal:

El porcentaje de grasa corporal total se estimó mediante un sistema analizador de bio impedancia de una frecuencia disponible comercialmente (TBF-551; Tanita Corp, Tokio, Japón). Todos los procedimientos se realizaron según las instrucciones del fabricante.

Se establecieron las categorías de adiposidad como bajo en grasa, saludable, alto en grasa y obeso en base al porcentaje de grasa corporal según los parámetros de los fabricantes del analizador de bioimpedancia (7), mismos que se basan en el trabajo de Gallagher y colaboradores (8).

Análisis estadístico

Se realizó control de errores en la digitación mediante el sistema de doble digitación, verificando los datos incongruentes con las encuestas físicas.

Las variables categóricas son presentadas como porcentajes y las continuas en forma de medias y desviaciones estándar. Los datos se estratificaron según género (masculino, femenino) y según grupos de edad (joven: 18–39 años) edad media: 40–59 años y adulto mayor: >60 años).

La normalidad de la distribución de las variables cuantitativas fue evaluada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para evaluar el grado de correlación entre IMC y porcentaje de grasa corporal se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r) en relación con las variables de género, edad y categorías de adiposidad (bajo en grasa, alto en grasa y obesos).

El poder diagnóstico del IMC, para detectar las categorías de adiposidad de obesidad y alto en grasa o sobrepeso según porcentaje de grasa corporal se evaluó calculando sensibilidad, especificidad, valores predictivos y construyendo una curva ROC (Receiver operating characteristic). Se consideró una prueba positiva

para detectar adiposidad alta (obesidad o alto en grasa según porcentaje de grasa corporal) si el valor de IMC categorizaba al sujeto en sobrepeso u obesidad. Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa PSPPIRE versión 0.9.0-g3a3d58.

RESULTADOS

Un total de 120 sujetos fueron investigados en este estudio, 36,6% hombres, 63,3% mujeres. La media de edad fue de $41,39 \pm 15,19$ años en los hombres y $38,82 \pm 14,46$ años en las mujeres. El 45,2 % se dedica a la agricultura, un 18,3% a labores de jornaleros y un 32,5% a quehaceres domésticos. El nivel de escolaridad fue bajo, el 44,2 % fueron analfabetos; 50,8% alcanzaron el nivel primario y el 5 % la secundaria.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las tallas de mujeres ($145,6 \pm 7,3$ cm) y hombres Awá ($156,5 \pm 6,5$ cm), siendo los hombres más altos. Igualmente los hombres presentan mayor peso que las mujeres. La media de IMC para hombres fue de $23,81 \pm 1,95$ kg/m² y para mujeres de $23,58 \pm 1,95$ kg/m². Las medias de porcentaje de grasa fueron de $11,4 \pm 5,9$ en hombres y de $19,97 \pm 7,19$ en mujeres. (Tabla 1)

En la tabla 2, se observa las medias de estatura en los hombres por grupos de edad, la talla disminuye en alrededor de 10 cm a partir de los 60 años, no se observó diferencias significativas entre las medias de IMC y del porcentaje de grasa por grupos de edad.

En las mujeres, la talla también disminuye a partir de los 60 años, pero en menor proporción que los hombres y hay una importante disminución de peso conforme avanza la edad, no hay diferencias significativas de IMC y porcentaje de grasa en las mujeres clasificadas por edad (Tabla 3).

EL 72,7 % de los hombres tuvieron IMC normales, el 27,2 % presentó sobrepeso y no hubo ningún caso de obesidad y delgadez.

Por otra parte, usando el porcentaje de grasa corporal el 31,82% de los hombres presentaron valores normales, el 54,5% valores considerados como bajos en grasa, el 11,36% como altos en grasa y el 2,27 % como obesos. En el caso de las mujeres, el 64,5 % tuvieron IMC normales, el 27,6 % pre-

TABLA 1. Valores promedios y desviaciones estandares del perfil antropométrico de adultos de la etnia Awá, Ecuador, clasificados por género

Parámetros	Hombres n=44	Mujeres n=76
	X±DE (Min-Max)	X±DE (Min-Max)
Talla (cm)	156,5±6,5 (140-168)	145,6±5,5* (132,0-160,5)
Peso (kg)	58,4 ±6,4 (41,4 – 72,8)	49,3±7,4* (32,8-70,0)
IMC (Kg/cm ²)	23,81±1,95 (19,2-29,5)	23,58±1,95 (14,2-32,4)
% de grasa	11,4±5,9 (3,2-25,6)	19,97±7,19* (2,9-37,4)

TABLA 2. Valores promedios y desviaciones estandares del perfil antropométrico de adultos varones de la etnia Awá, Ecuador, clasificados por edad

Parámetros	Grupos de edad		
	18 a 39 años n= 25	40 a 59 años n= 14	> 60 años n= 5
Talla (cm)	157,7±5,4 (142,5-168,0)	157,1±5,3 (145,5-165,0)	148,8±6,1* (140-157,0)
Peso (kg)	58,6±5,0 (47,7-68,6)	60,9 ±6,5 (49,5-72,8)	50,6±7,3* (41,4-60,0)
IMC (Kg/cm ²)	23,5±1,6 (20,6-27,2)	24,6±2,0 (22,0-29,5)	22,8±2,7 (19,1-26,7)
% de grasa	12,6±6,2 (3,2- 25,6)	10,7±5,7 (5,5-21,8)	7,6±3,5 (3,2-11,1)

TABLA 3. Valores promedios y desviaciones estandares del perfil antropométrico de adultos mujeres de la etnia Awá, Ecuador, clasificados por edad

Parámetros	Grupos de edad		
	18 A 39 años n= 43	40 a 59 años n= 26	> 60 años n= 7
Talla (cm)	145,2±5,3 (133,0-159,0)	145,3±4,5 (134,0-156,0)	142,1,8±6,8* (132-148,7)
Peso (kg)	51,1±7,3 (34,5-70,0)	49,4 ±6,5 (41,2-69,2)	44,7,6±9,8* (32,8-62,0)
IMC (Kg/cm ²)	24,2±3,3 (14,2-32,4)	23,4±2,9 (19,4-30,3)	21,9±3,2 (18,5-28,3)
% de grasa	19,6±7,1 (2,9- 34,9)	20,7±6,8 (10,6-34,9)	19,4±9,6 (8,0-37,4)

sentó sobrepeso, el 3,9% obesidad y un 3,95% delgadez. Mediante porcentaje de grasa el 32,89% de las mujeres presentaron valores normales, el 61,8% valores considerados bajos en grasa, el 5,26% como altos en grasa, y ninguna presentó obesidad.

Correlaciones entre IMC y porcentaje de grasa corporal:

Hubo una correlación positiva y significativa entre la del IMC y el porcentaje de grasa corporal tanto en

hombres ($r = 0,54, P < 0,01$) como en mujeres ($r = 0,72, P < 0,01$) (Figura 1). Las correlaciones calculadas para los tres grupos de edad por separado, también fueron positivas, sin embargo solo hubo significación en los grupos de 18 a 40 años ($r = 0,79 P < 0,01$) y 40 a 59 años ($r = 0,49, p < 0,01$). En el caso de los mayores a 60 años la correlación fue positiva ($r = 0,50$) pero no significativa ($p = 0,97$).

Por otra parte no se mostraron correlaciones significativas entre IMC y porcentaje de grasa corporal cuando se contrastan por adiposidad para el grupo bajo en grasa y alto en grasa ($r = 0,07; r = 0,38$ respectivamente). Mientras que si hubo correlación significativa con el grupo considerado saludable ($r = 0,54, p < 0,001$; Figura 2).

Poder diagnóstico del IMC:

Un IMC superior o igual a 25 kg/m² (sobrepeso y obesidad) tiene una sensibilidad del 90%, especificidad del 75%, valor predictivo positivo 25% y valor predictivo negativo del 98% para detectar un exceso en el porcentaje de grasa corporal (categorías alto en grasa y obesidad por porcentaje de grasa corporal). Después de estratificar por género, un IMC superior o igual a 25 kg/m² mostró una sensibilidad de 83% en hombres y 100% en mujeres, una especificidad de 81% en hombres y 72% en mujeres. El área bajo la curva del IMC para detectar un exceso en el porcentaje de grasa corporal fue de 0,875 (IC 95% de 0,78 a 0,96; EE 0,044) (Figura 3).

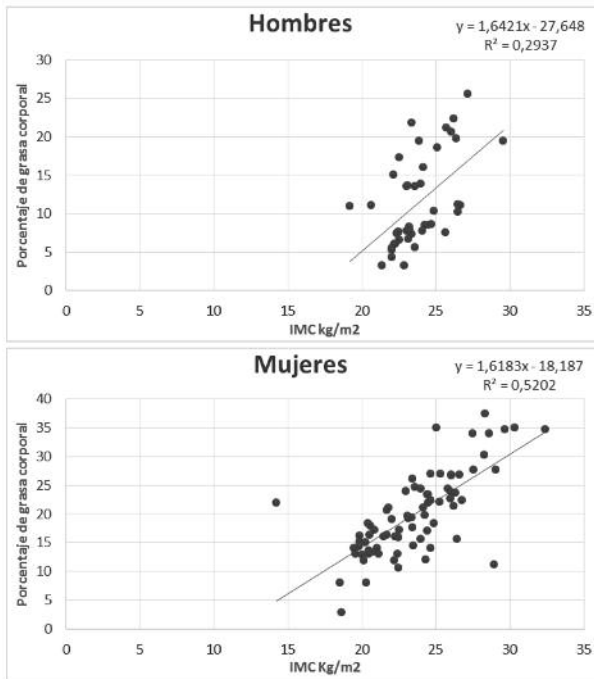


FIGURA 1. Correlación entre el IMC y porcentaje de grasa corporal en hombres y mujeres.

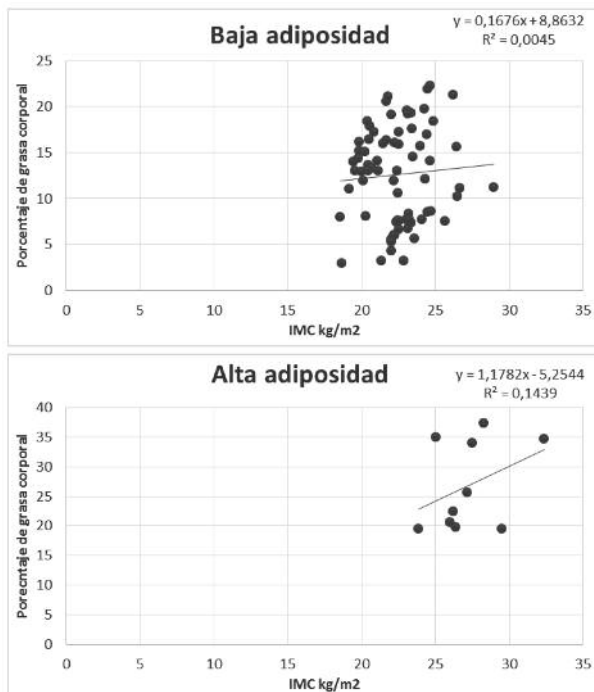


FIGURA 2: Correlaciones entre IMC y porcentaje de grasa corporal por baja y alta adiposidad.

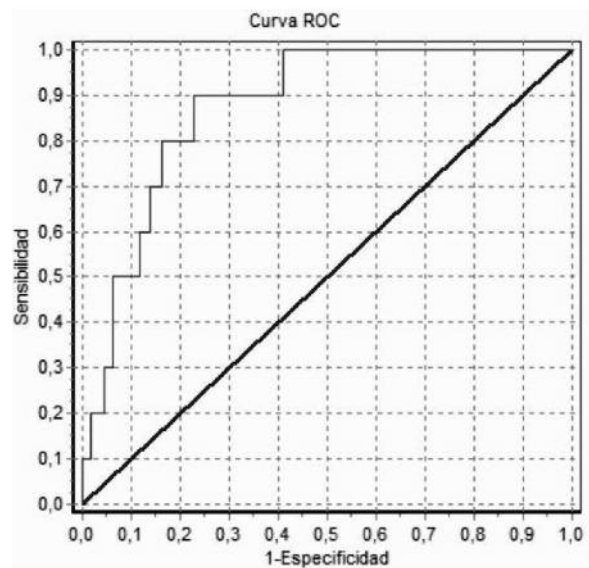


FIGURA 3. Curva ROC de IMC \geq 25kg/m² para detectar exceso de grasa en los Awá

DISCUSIÓN

Los promedios de talla que presentan los hombres y mujeres Awá difieren al comparar con otras poblaciones amerindias, así por ejemplo, los indígenas de la etnia Mapuche de Chile presentan tallas aproximadamente cinco cm mayores que los Awá tanto en hombres como mujeres (9). La baja talla en la vida adulta, expone a situaciones adversas a esta población, al estar asociada con menor capacidad de trabajo físico y dificultades en el trabajo de parto (10).

El peso promedio es inferior al reportado en otras poblaciones indígenas de Latinoamérica, así como también el porcentaje de grasa corporal (11). Estas características antropométricas pueden ser el resultado de la exposición a un ambiente desfavorable relacionado con altos niveles de pobreza; vivir en zonas de difícil acceso; no contar con servicios básicos; y depender de la agricultura de subsistencia, exponiéndolos a deprivaciones alimentarias.

Por otra parte, al evaluar el potencial del IMC como herramienta diagnóstica de exceso de grasa corporal, se encontró que el punto de corte ≥ 25 kg/m² tiene una buena sensibilidad, especificidad y área bajo la curva, equiparable a las encontradas en estudios realizados en otros grupos poblacionales (12).

En este estudio se encontró una correlación positiva y significativa entre IMC y porcentaje de grasa corporal tanto en hombres como en mujeres, al igual que estudios previos realizados en diferentes grupos poblacionales (2,12-15).

Por otra parte también existen estudios que han cuestionado dicha asociación ya que sus hallazgos apuntan a que ésta es imperfecta y que se debilita cuando se analiza dentro de los rangos de IMC considerados normales (16). En el presente estudio, sin embargo, la correlación se debilitó al realizar el análisis con los casos que presentaron porcentajes de grasa corporal baja.

Las discrepancias observadas entre los distintos estudios aún no han sido clarificadas y a la presente fecha se asume que se dan por la heterogeneidad de los métodos usados para la evaluación del porcentaje de grasa corporal, así como también por las diferencias biológicas de las poblaciones estudiadas (16).

Esta situación nos haría cuestionar el uso del IMC como único indicador del estado nutricional (lo cual al momento es la práctica habitual) para este grupo po-

blacional, dado el alto porcentaje de individuos con bajo grado de adiposidad.

Aunque la relación entre el peso y la altura proporcionan una exposición resumida de la historia de la ingesta nutricional de un individuo y de su función metabólica actual, evaluaciones más complejas de la composición corporal, tales como el índice de masa magra o el índice de masa grasa y sus relaciones con la altura podrían ser más útiles, permitiendo relacionar el fenotipo estructural de los individuos con su fenotipo funcional y el riesgo de enfermar.

Hay varias limitaciones en la realización del presente estudio. El más importante tiene que ver con la selección e inclusión de individuos para el estudio, ya que estos no fueron realizados de manera aleatorizada, si no por conveniencia, situación que no permite asegurar la representatividad de la muestra, lo cual se contrapone a la generalización de estos resultados a todos los indígenas pertenecientes a la etnia Awá.

Por otra parte no fue posible controlar algunos de los requisitos de medición con el analizador de impedancia bioeléctrica, como por ejemplo no haber realizado actividad física vigorosa en las 12 horas previas, ya que los participantes tenían que caminar hasta 20 horas para llegar al sitio donde fueron tomadas las mediciones.

Otro factor que se debe considerar es la precisión de la técnica de impedancia bioeléctrica para estimar el porcentaje de grasa corporal, si bien es un método conocido por proporcionar una medición rápida, no invasiva y relativamente exacta de la composición corporal, su precisión en comparación con las técnicas de medición de la composición corporal de referencia (hidrodensitometría, dilución en agua) podría aportar datos menos fiables (13). Sin embargo, se decidió usar este método para estimar el porcentaje de grasa por tratarse de un método seguro, aceptable (17,18), y debido a que el equipo usado (BC-418, Tanita Corp, Tokyo, Japan) ha sido validado en otros estudios poblacionales en diferentes grupos étnicos. (13, 19).

También es importante considerar que la composición corporal puede variar en función de la etnicidad, por lo que se recomienda el uso de ecuaciones específicas para cada etnia para una evaluación fiable mediante bioimpedancia eléctrica (20). Es por esta razón que futuras investigaciones deberán diseñarse para desarrollar y validar ecuaciones predictivas considerando las diferencias biológicas, peso, talla, distribución de

grasa y densidad ósea de los indígenas Awá.

En conclusión si bien el uso del IMC como predictor de exceso de grasa está justificado en esta población en base a los resultados obtenidos, es necesario realizar más estudios que permitan establecer otros indicadores basados en la evaluación de la composición corporal para evaluar el estado nutricional en esta población, no solo centrándose en la detección de sobrepeso y obesidad, sino además evaluando otros aspectos que quedan desatendidos con el uso del IMC.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación formó parte del programa de caracterización y propuesta de mitigación de la zona fronteriza Ecuador- Colombia afectada por las fumigaciones con glifosato, financiado por la SENESCYT. Las autoras expresan su agradecimiento a la comunidad Awá y autoridades locales de Chical por su participación, a los estudiantes de la Carrera de Nutrición que colaboraron en la recolección de datos y a la Dra. Nadia Montero por su colaboración en la revisión del manuscrito.

REFERENCIAS

- Organización Mundial de la Salud: Obesidad y sobrepeso: nota descriptiva No. 311; 2015. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
- Jackson AS, Stanforth PR, Gagnon J, Rankinen T, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C, Wilmore JH: The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: the heritage family study. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002.;26(6):789–796.
- Gallagher D, Visser M, Sepulveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB: How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *Am J Epidemiol.* 1996; 143:228–239
- Misra A. Ethnic-Specific Criteria for Classification of Body Mass Index: A Perspective for Asian Indians and American Diabetes Association Position Statement. *Diabetes. Technol Ther.* 2015; 17(9):667-71. doi: 10.1089/dia.2015.0007.
- Sola J, & Moreano M. Seguridad Alimentaria y Atención Primaria de Salud. Estrategias para la nacionalidad Awá. 2005. Quito- Ecuador
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Uso e interpretación de la antropometría. Serie de Reporte Técnico No. 854. Ginebra: OMS.1995.
- TANITA. Manual Body Fat Moitor / Scale. Model :TBF-551; Tanita Corp, Tokio, Japon.(2008).
- Gallagher D, Heymsfield SB, Heco M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(3):694-701.
- Eraza B Marcia, Amigo C Hugo, Bustos M Patricia. Etnia mapuche y condiciones socioeconómicas en la estatura del adulto. *Rev. méd. Chile.* 2005; 133(4): 461-468.
- Rosique J, Restrepo M, Manjarrés, L, Gálvez A, & Santa M. Estado nutricional y hábitos alimentarios en indígenas Embera de Colombia. *Revista chilena de nutrición.* 2010; 37(3), 270-280.
- Corvos C, Salazar A. Composición corporal en indígenas pemones como parámetro de riesgo de enfermedades crónicas. *Multiciencias.* 2012; 288-294. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90431109047>> ISSN 1317-2255.
- Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas R, Collazo-Clavell M, Korinek J, Lopez Jimenez F. Accuracy of Body Mass Index to Diagnose Obesity In the US Adult Population. *International journal of obesity.* 2008; 32(6):959-966. doi:10.1038/ijo.2008.11.
- Ranasinghe C, Gamage P, Katulanda P, Andraweera N, Thilakarathne S, Tharanga P. Relationship between Body mass index (BMI) and body fat percentage, estimated by bioelectrical impedance, in a group of Sri Lankan adults: a cross sectional study. *BMC Public Health.* 2013; 13:797. Doi: 10.1186/1471-2458-13-797.
- Movsesyan L, Tankó L, Larsen, P, Christiansen C, & Svendsen O. Variations in percentage of body fat within different BMI groups in young, middle-aged and old women. *Clinical physiology and functional imaging.* 2003; 23(3), 130-133..
- Rush EC, Freitas I, Plank LD: Body size, body composition and fat distribution: comparative analysis of European, Maori, Pacific Island and Asian Indian adults. *Br J Nutr* , 2009; 102(4):632–641.
- Meeuwssen S, Horgan GW, Elia M: The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex. *Clinical nutrition.* 2010; 29(5), 560-566.
- Jackson AA, Johnson M, Durkin K, Wootton S. Body composition assessment in nutrition research: value of BIA technology. *Eur J Clin Nutr* 2013 01;67:S71-8.
- Böhm A, Heitmann BL. The use of bioelectrical impedance analysis for body composition in epidemiological studies. *Eur J Clin Nutr* 2013 01;67:S79-85.
- Sluyter JD, Schaaf D, Scragg RK, Plank LD: Prediction of fatness by standing 8-electrode bioimpedance: a

- multiethnic adolescent population. *Obesity* (Silver Spring) 2010, 18(1):183–189.
20. Jingjie Xiao. A descriptive study of body composition abnormalities and health risks in patients with obesity. Ann Arbor: The Florida State University; 2013.

Recibido: 07-04-2016

Aceptado: 04-10-2016

Composición química e indicadores de calidad del frijol de soya (*Glycine max*) integral procesado con vapor para la alimentación de aves y cerdos

Colina, J., M. León, M. Castañeda, A. Matos

Facultad de Ciencias Veterinarias, Postgrado en Producción Animal, Universidad Central de Venezuela

RESUMEN. Este estudio se realizó para determinar la composición química e indicadores de calidad del frijol de soya (*Glycine max*) integral (FSI) procesado con vapor en un autoclave bajo condiciones estándares de trabajo a 2,30 bar de presión a 103°C/30 min. Se tomaron seis muestras después del procesamiento de cada uno de tres lotes de soya provenientes de Estados Unidos. Se obtuvo la media por lote y general para cada variable con el error estándar (\pm EE). Las medias generales de materia seca, proteína, grasa, fibra, ceniza, Ca y P (g/100 g) y energía bruta (kcal/kg) fueron 91,40 \pm 0,40; 36,82 \pm 0,18; 20,88 \pm 0,49; 6,69 \pm 0,21; 4,80 \pm 0,05; 0,30 \pm 0,06; 0,53 \pm 0,006 y 5732 \pm 44,14, respectivamente. Hubo variaciones entre lotes para materia seca, P ($P < 0,01$), fibra, ceniza y energía bruta ($P \leq 0,05$). Se observó predominio de lisina, arginina y leucina cuyas medias generales fueron 2,26 \pm 0,01; 2,70 \pm 0,01 y 2,81 \pm 0,01, respectivamente. Los ácidos grasos predominantes fueron oleico y linoleico con medias generales (g/100g) de 21,65 \pm 0,12 y 51,07 \pm 0,13, respectivamente. Se observaron variaciones ($P \leq 0,01$) entre lotes en la acidez y en los índices de saponificación, yodo y acidez. Las medias generales para inhibidores de tripsina, solubilidad de la proteína en KOH, actividad de ureasa y lisina reactiva fueron 3,04 \pm 0,36 mg/g de muestra; 80,29 \pm 1,09%; 0,05 \pm 0,01% y 1,87 \pm 0,06%, respectivamente. Aunque hubo variaciones entre lotes para algunos componentes e indicadores de calidad, el FSI procesado con vapor es una fuente proteica de buena calidad, con buen contenido de lisina, grasa, energía bruta y ácidos grasos esenciales para la alimentación de aves y cerdos.

Palabras clave: Lisina, inhibidores de tripsina, subproductos de soya, proteína

SUMMARY. Chemical composition and quality indicators of full-fat soybean steam processed for poultry and swine feeding. This study was conducted to determine the chemical composition and quality indicators of full-fat soybean (*Glycine max*) (FFSB) steam processed in an autoclave under standard conditions of work of 2.30 bar of pressure and 103°C/30 min. Six samples were taken after the processing of each of three soybean batches from the United States. The average was obtained by batch and overall for each variable with the standard error of the mean (\pm SEM). The total averages of dry matter, protein, fat, fiber, ash, Ca and P (g/100g) and gross energy (kcal/kg) were 91.40 \pm 0.40, 36.82 \pm 0.18; 20.88 \pm 0.49, 6.69 \pm 0.21, 4.80 \pm 0.05, 0.30 \pm 0.06, 0.53 \pm 0.006, and 5732 \pm 44.14, respectively. There were variations among batches for dry matter, P ($P < 0.01$), fiber, ash and gross energy ($P \leq 0.05$). There was a predominance of lysine, arginine and leucine (g/100 g) with average of 2.26 \pm 0.01, 2.70 \pm 0.01 and 2.81 \pm 0.01, respectively. The predominant fatty acids (g/100 g) were oleic and linoleic with general averages of 21.65 \pm 0.12 and 51.07 \pm 0.13, respectively. There were variations ($P \leq 0.01$) among batches in acidity and saponification, iodine and acidity index. The average for trypsin inhibitors, protein solubility in KOH, urease activity and reactive lysine were 3.04 \pm 0.36 mg/g of sample; 80.29 \pm 1.09%, 0.05 \pm 0.01% y 1.87 \pm 0.06%, respectively. Although there were variations among batches for some components and quality indicators, the FFSB steam processed is a protein source of good quality with good content of lysine, fat, gross energy and essential fatty acids for feeding poultry and swine.

Key words: Lysine, trypsin inhibitors, soybean sub products, protein

INTRODUCCIÓN

La inclusión de la soya (*Glycine max L.*) como ingrediente proteico principal en las dietas es una práctica común en la industria de alimentos balanceados para aves y cerdos en Venezuela. Antes de su inclusión en las dietas, la soya debe ser procesada para desactivar los factores antinutricionales o metabolitos secundarios presentes en el grano crudo, entre los que destacan los

inhibidores de las enzimas tripsina y quimotripsina (1). Los factores antitripsicos, conjuntamente con la enzima ureasa son termolábiles, por lo que su contenido después de un correcto procesamiento térmico es reducido, para garantizar la calidad óptima de la proteína y disponibilidad de los aminoácidos presentes (2, 3), no obstante, aún después de aplicado el procesamiento térmico pueden persistir factores antinutricionales en el producto afectando su calidad (1, 3), lo que amerita

controlar el procesamiento antes de incluir el frijol de soya integral en las dietas para animales monogástricos.

La harina de soya utilizada tradicionalmente se encuentra en dos formas, la que contiene 44% de proteína cruda (PC) y la decorticada con 48-50% de PC, y el aceite es usualmente extraído por solventes durante el procesamiento (1, 4). No obstante, este proceso de extracción de aceite puede omitirse, lo que representa una alternativa para ajustar la concentración energética de las dietas para aves y cerdos, y bajar el costo de las mismas (5, 6). En Venezuela, la industria de alimentos balanceados para animales utiliza el frijol integral de soya, con alto contenido de aceite, luego de ser expuesto a un proceso con vapor a presión. Aunque, se han realizado estudios en otros países para caracterizar la composición química del frijol de soya integral, en Venezuela, donde la calidad de la materia prima importada puede variar entre lotes, no existen estudios indicativos de la calidad de la harina de soya integral procesada por el método de vapor a presión. Aunque los estudios in vivo con las especies de interés zootécnico son la mejor manera para evaluar la calidad del procesamiento de un ingrediente, los análisis de laboratorio que se realizan para conocer su composición química e indicadores de calidad son una herramienta para la formulación de las dietas de estos animales, ya que aportan información referente al valor nutricional del producto obtenido después de aplicar este tipo de procesamiento. En tal sentido, el objetivo de este estudio fue caracterizar la composición química e indicadores de calidad de la harina de frijol de soya integral procesado con vapor a presión utilizado en dietas para aves y cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y preparación de las muestras

Para la realización de este estudio se utilizaron muestras de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) de frijol de soya integral, provenientes de Estados Unidos. Los lotes de frijol de soya crudo se recibieron en una planta procesadora ubicada en Valencia, estado Carabobo, Venezuela. Posteriormente, cada lote de frijol integral fue descascarado a través de tres sistemas de pre-limpieza indirecta por medio de 3-5 tubos, intercambiadores de doble pared, y luego fue sometido a cocción durante 30 min en un autoclave

bajo condiciones estándares de trabajo a 2,30 bar de presión y temperatura de 103°C. Al culminar el procesamiento y después del enfriamiento en el silo de recepción, se tomaron seis muestras de cada lote. Se utilizó un calador de celdas divididas para obtener muestreo por estratos, obteniéndose una muestra final de cada lote de 3 kg. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio del Centro de Bioquímica Nutricional de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, donde fueron molidas en un molino de martillo (marca Christy and Norris Limited, modelo Lab Mill) en criba de 1 mm de diámetro, y conservadas (10°C) en envases plásticos herméticos hasta su análisis.

Análisis químicos

Las muestras de frijol de soya fueron analizadas para determinar el contenido de materia seca (método 930.15), grasa cruda (extracción con Soxhlet, método 920.39), proteína cruda (Kjeldahl, $N \times 6.25$, método 976.05), fibra cruda (Fibertec, método 962.09), ceniza (método 942.05), de acuerdo a los procedimientos establecidos en la AOAC (7). La energía bruta se determinó utilizando una bomba adiabática calorimétrica (Parr Instrument Co., Moline, IL). Las fracciones de calcio y fósforo fueron determinadas mediante espectrofotometría de absorción atómica de acuerdo a metodología de Fick et al. (8). El perfil de aminoácidos fue estimado mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR). El contenido de algunos ácidos grasos (oleico, linoleico, linolénico y palmítico) se determinó según la metodología de Morrison y Smith (9) utilizando un cromatógrafo de gases AGILENT 6820, equipado con detector de ionización de llama (275 oC). El equipo estaba provisto de una columna capilar (320 μm de diámetro, 30 m de longitud y 180 °C) empacada con 15% de succinato de dietilenglicol, empleando nitrógeno a 30 ml/min como gas de arrastre. La temperatura de la columna durante los primeros cinco minutos fue de 180°C y la del inyector de 280°C. Se inyectó 1 μl de cada mezcla de ácidos grasos metilados en KOH 2 N, los cuales fueron identificados por sus tiempos de retención en comparación con los correspondientes patrones.

La acidez y los índices de acidez, peróxidos, saponificación y yodo se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC (7). También se determinó la presencia de inhibidores de tripsina (10), la proteína soluble en KOH (11), la cantidad de lisina

reactiva (12) y actividad de ureasa (13). El perfil de metabolitos secundarios fue determinado de acuerdo a lo descrito por Ojeda et al. (14). La presencia o ausencia de estos compuestos se sistematizó a partir de una presencia cuantiosa (+++), moderada (++) o leve (+), o su ausencia (-).

Análisis estadísticos

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza para detectar diferencias entre las medias obtenidas para cada lote de soya, usando la rutina de PROC MIXED de SAS (15). Se consideraron diferencias entre lotes con valores de probabilidad $P \leq 0,05$. Además, se condujo un análisis estadístico descriptivo de los resultados mediante PROC MEANS de SAS, obteniéndose la media general de cada variable, la cual se expresó con el respectivo error estándar (\pm EE).

RESULTADOS

Se observaron diferencias entre los lotes del frijol de soya integral con respecto a algunos parámetros de la composición química (Tabla 1). En tal sentido, el contenido de materia seca y fósforo variaron significativamente ($P < 0,01$) al igual que la fibra y la ceniza ($P < 0,05$) mientras que la media general para grasa cruda se ubicó en 20,88 g/100 g sin diferencias entre lotes. La energía bruta fue mayor en el tercer lote ($P = 0,05$) con media de 5732 \pm 44,14 kcal/kg. El contenido de proteína cruda, calcio (Tabla 1) y aminoácidos (Tabla 2) no fue diferente ($P > 0,05$) entre lotes. Se determinó un contenido de 36,82 g/100 g en promedio de proteína cruda y el perfil de aminoácidos característico de la soya integral, con predominio de lisina, arginina y leucina cuyas me-

TABLA 1. Composición química (g/100 g) y energía bruta (kcal/kg) del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Variable	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P
Materia seca	93,04 \pm 0,50 ^a	91,61 \pm 0,40 ^a	90,09 \pm 0,40 ^b	91,40 \pm 0,40	<0,01
Grasa cruda	21,06 \pm 0,20	20,95 \pm 0,26	20,70 \pm 0,11	20,88 \pm 0,12	0,49
Proteína cruda	37,35 \pm 0,34	36,60 \pm 0,28	36,68 \pm 0,28	36,82 \pm 0,18	0,25
Fibra cruda	6,40 \pm 0,36 ^{ab}	6,23 \pm 0,29 ^a	7,33 \pm 0,29 ^b	6,69 \pm 0,21	<0,05
Ceniza	4,83 \pm 0,08 ^{ab}	4,63 \pm 0,07 ^a	4,96 \pm 0,07 ^b	4,80 \pm 0,05	<0,05
Fósforo	0,53 \pm 0,009 ^a	0,51 \pm 0,007 ^a	0,56 \pm 0,007 ^b	0,53 \pm 0,006	<0,01
Calcio	0,30 \pm 0,05	0,30 \pm 0,04	0,30 \pm 0,04	0,30 \pm 0,006	0,87
Energía bruta	5645,18 \pm 75,37 ^a	5668,48 \pm 61,53 ^a	5872,66 \pm 62,5 ^b	5732 \pm 44,14	0,05

^{ab}Letras diferentes indican diferencias según valor de probabilidad (P) señalado.

TABLA 2. Perfil de aminoácidos (g/100 g) del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Aminoácido	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P*
Metionina	0,50 \pm 0,004	0,50 \pm 0,003	0,49 \pm 0,003	0,50 \pm 0,002	0,50
Cistina	0,57 \pm 0,005	0,56 \pm 0,004	0,56 \pm 0,004	0,56 \pm 0,003	0,19
Metionina+ Cistina	1,07 \pm 0,01	1,05 \pm 0,008	1,05 \pm 0,008	1,06 \pm 0,005	0,36
Lisina	2,29 \pm 0,02	2,28 \pm 0,01	2,23 \pm 0,01	2,26 \pm 0,01	0,12
Treonina	1,45 \pm 0,01	1,45 \pm 0,01	1,43 \pm 0,01	1,45 \pm 0,006	0,46
Triptófano	0,50 \pm 0,004	0,50 \pm 0,003	0,49 \pm 0,003	0,50 \pm 0,002	0,33
Arginina	2,76 \pm 0,03	2,71 \pm 0,02	2,67 \pm 0,02	2,70 \pm 0,01	0,13
Isoleucina	1,70 \pm 0,02	1,67 \pm 0,01	1,66 \pm 0,01	1,67 \pm 0,009	0,27
Leucina	2,84 \pm 0,03	2,82 \pm 0,02	2,79 \pm 0,02	2,81 \pm 0,01	0,38
Histidina	1,00 \pm 0,008	0,98 \pm 0,007	0,99 \pm 0,007	0,99 \pm 0,004	0,18
Fenilalanina	1,89 \pm 0,02	1,86 \pm 0,01	1,86 \pm 0,01	1,87 \pm 0,01	0,38
Valina	1,76 \pm 0,01	1,74 \pm 0,01	1,73 \pm 0,01	1,74 \pm 0,008	0,34

*Probabilidad

días generales fueron 2,26; 2,70 y 2,81 g/100 g, respectivamente y bajo contenido de metionina con media general de 0,50 g/100 g. En el contenido de ácidos grasos se observó variación ($P < 0,05$) entre lotes para el ácido

linolénico cuyo contenido fue menor en el tercer lote. Los ácidos grasos predominantes fueron los ácidos oleico y linoleico con medias generales de 21,65 y 51,07 g/100 g, respectivamente (Tabla 3). Se observaron

TABLA 3. Algunos ácidos grasos (g/100 g) del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Ácido graso	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P
Palmítico (16:0)	10,38±0,21	10,91±0,18	10,68±0,18	10,69±0,11	0,20
Oleico (18:1)	21,82±0,25	21,67±0,20	21,50±0,20	21,65±0,12	0,63
Linoleico (18:2)	51,01±0,22	51,43±0,18	50,75±0,18	51,07±0,13	0,06
Linolénico (18:3)	6,58±0,08 ^a	6,93±0,07 ^b	6,82±0,07 ^b	6,80±0,05	0,02

^{ab}Letras diferentes indican diferencias según valor de probabilidad (P) señalado.

TABLA 4. Índices químicos y de calidad del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Variable	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P
Acidez, % de ácido oleico	2,25±0,22 ^a	1,24±0,22 ^b	1,38±0,18 ^b	1,59±0,16	0,01
Índice de peróxidos, meq O ₂ /kg	7,27±1,52	9,35±1,24	5,17±1,24	7,26±0,85	0,10
Índice de acidez, %	4,48±0,45 ^a	2,48±0,45 ^b	2,74±0,37 ^b	3,16±0,32	0,01
Índice de saponificación, m/g	311,90±12,33 ^a	242,77±10,07 ^b	279,15±10,07 ^c	273,70±9,05	<0,01
Índice de yodo, g/100	238,39±2,60 ^a	246,84±2,12 ^b	232,87±2,12 ^a	239,50±1,98	<0,01
IT, mg /g muestra ¹	2,98±0,67	2,23±0,55	3,91±0,55	3,04±0,37	0,14
Solubilidad de la proteína en KOH, %	81,20±2,23	79,57±1,89	80,40±1,89	80,29±1,09	0,86
Lisina Reactiva, %	1,94±0,12	1,96±0,09	1,74±0,09	1,87±0,06	0,22
Actividad de ureasa, %	0,05±0,02	0,03±0,02	0,05±0,02	0,05±0,08	0,70

^{abc}Letras diferentes indican diferencias según valor de probabilidad (P) señalado

¹Inhibidores de tripsina expresado en miligramos de tripsina pura inhibida/gramo de muestra

TABLA 5. Análisis cualitativo de metabolitos secundarios del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Metabolito	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Quinonas	-	-	-
Cumarinas	-	-	-
Flavonoides	-	-	-
Prontocianidinas	-	-	-
Catequinas	-	-	-
Cardenolidos	-	-	-
Triterpenos	+	+	+
Esteroides	+	+	+
Saponinas	+	+	+
Aminoácidos no proteicos	+++	+++	+++
Alcaloides	-	-	-
Glucósidos cianógenos	-	-	-
Azúcares reductores	++	++	++

-Ausencia, + Presencia leve, ++ Presencia notable, +++ Presencia cuantiosa

variaciones ($P \leq 0,01$) entre lotes en la acidez (% de ácido oleico) y en los índices de saponificación, yodo y acidez. El índice de peróxidos no varió significativamente entre lotes. La lisina reactiva no varió (Tabla 4), evidenciándose una media general de 1,87%. El resto de los indicadores de calidad de la proteína (Tabla 4) y el análisis cualitativo de los metabolitos secundarios (Tabla 5) presente en el frijol de soya no fue diferente entre lotes. El análisis cualitativo de los metabolitos secundarios, reveló leve presencia de triterpenos, esteroides y saponinas, conjuntamente con presencia cuantiosa y notable de aminoácidos no proteicos y azúcares reductores, respectivamente, en todos los lotes de frijol de soya evaluados.

DISCUSIÓN

Aunque, el contenido de materia seca, fibra,

ceniza y fósforo del frijol de soya integral varió entre lotes, los valores se ubicaron dentro del rango reportado en las tablas internacionales de composición de ingredientes para dietas de animales monogástricos (2, 4), conjuntamente con los valores de proteína, grasa y calcio que no variaron. La energía bruta superó ligeramente los valores de referencia (4) y el contenido de aminoácidos se mantuvo con valores similares entre los lotes de soya integral, y ajustados a los incluidos en las tablas de referencia (2, 4). Los aminoácidos esenciales lisina y arginina que predominaron conjuntamente con la leucina en el frijol de soya integral, son de gran importancia en dietas para monogástricos. La lisina es un aminoácido limitante en dietas para cerdos y aves, mientras que las necesidades de arginina en aves son superiores a las de los mamíferos (5). Cabe destacar que dentro de los valores de referencia, se observó el bajo contenido de metionina, el cual es el aminoácido de mayor importancia en aves, lo que amerita la suplementación de las dietas con este aminoácido (5).

El alto contenido de grasa cruda de la soya integral, conjuntamente con el predominio de los ácidos oleico y linoleico, así como el contenido característico de ácido palmítico del aceite soya, se ubicaron próximos a los reportados en documentos de referencia para la soya integral (4). El ácido linoleico el cual representó la mayor proporción con respecto a los otros ácidos grasos analizados, es un ácido graso poliinsaturado derivado de las plantas y es esencial en la dieta de aves y cerdos ya que interviene en procesos fisiológicos relevantes como el metabolismo de los lípidos, división y diferenciación celular, y función inmune entre otros (4, 16). Este ácido graso, y el alto contenido de ácido linoléico, el cual varió entre lotes pero dentro de los valores de referencia, muestran el alto grado de insaturación de la soya integral procesada. Estos aspectos, conjuntamente con su alto contenido de energía bruta y grasa cruda, indican que la soya integral, una vez sometida a procesamiento con vapor a presión, es un ingrediente de buen valor energético para la alimentación de aves y cerdos, y que permite además, disminuir la adición de grasas o aceites a las dietas de estas especies.

Los valores de la actividad de ureasa y la solubilidad de la proteína en KOH, se ubicaron dentro de lo considerado normal para una soya de buena calidad, tras un óptimo procesamiento (2). En tal sentido, cabe resaltar que la solubilidad de la proteína en KOH es 100% en un producto de soya que no ha sido procesado, y dis-

minuye tras el procesamiento adecuado a valores entre 78 y 84% (17), aunque se consideran valores normales hasta 70 ó 72% para garantizar buen desempeño en el rendimiento de los animales (2, 11), lo que sustenta los resultados para este indicador, los cuales se ubicaron dentro de este rango e indica que la soya integral ha sido procesada adecuadamente (17). Adicionalmente, los valores de los inhibidores de tripsina, no variaron significativamente entre lotes y se ubican dentro del rango tolerable para aves por debajo de 4 mg/kg (6) y de 4,7 mg/kg para cerdos (18). Además, aunque la actividad de ureasa no es un indicador confiable de que una soya integral ha sido sobre procesada (3), comúnmente se consideran valores tolerables desde 0,05 y hasta de 0,20 (2, 17), como se observó en este estudio, lo que indica que se puede incluir en las dietas sin efectos negativos para estos animales.

La estimación de la disponibilidad de la lisina como aminoácido de gran importancia en aves y cerdos para los procesos productivos, es relevante. La determinación de la lisina total, no necesariamente refleja la cantidad de este aminoácido que está disponible para el animal, mientras que el valor de la lisina reactiva, el cual es una estimación *in vitro* de la disponibilidad de este aminoácido (2), representa la cantidad de lisina que puede ser absorbida y utilizada por el animal para la síntesis de proteína (19). La lisina disponible puede ser afectada debido a que durante el procesamiento térmico de los ingredientes proteicos, pueden ocurrir las reacciones de Maillard, caracterizada por la formación de complejos de este aminoácido con los carbohidratos, e involucra la interacción de un azúcar reductor con el grupo *e*-amino de la lisina (2, 19, 20). De acuerdo a los valores obtenidos, se puede inferir que estas reacciones no afectaron la calidad de la harina de soya integral procesada, ya que se ha señalado que cuando no ha ocurrido reacción de Maillard, los valores de lisina total son muy cercanos a los de la lisina disponible o reactiva (21) como se observó en este estudio.

Los valores de acidez, índices de acidez, peróxidos, yodo y saponificación, en general, fueron muy elevados con respecto a los establecidos para el aceite de soya en la Norma COVENIN 744: 1999 (22). Aunque los productos de soya son de fácil manejo, los elevados valores de estos índices son indicativos de la susceptibilidad a oxidación de los lípidos presentes en el frijol de soya integral, lo que puede atribuirse al almacenamiento prolongado del frijol entero (2), el cual, al no

ser sometido al proceso de extracción del aceite con solventes, expone los lípidos a un deterioro químico, resultado de la oxidación, conocido como rancidez, siendo una de las principales causas de la pérdida de calidad de ingredientes con alto contenido de grasa (4). En tal sentido, es de gran relevancia garantizar óptimas condiciones de almacenamiento del frijol de soya integral antes y después de su procesamiento, y evaluar los indicadores de calidad de esta fuente lipídica, lo cual determina en gran parte el aporte energético del ingrediente a la dieta.

Cabe destacar la presencia de algunos metabolitos secundarios en los lotes de frijol de soya procesados, que en cierta forma son indicativos de la calidad de la proteína. Los triterpenos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas, están relacionados con los esteroides y pueden encontrarse tanto en forma libre como asociados con azúcares o aminoácidos (23). Además, aunque se observó la presencia de azúcares reductores, los cuales pueden estar involucrados como se señaló previamente, en las reacciones de Maillard asociadas a un inadecuado procesamiento y comprometiéndolo la disponibilidad de la lisina para el animal (19, 20), los indicadores de calidad de la proteína mostraron que estas reacciones no ocurrieron.

Por otra parte, las saponinas, también ampliamente distribuidas en el reino vegetal, y particularmente en las plantas de soya, son glucósidos triterpenoides, cuya presencia puede producir sabor amargo en el alimento, disminuir el consumo de alimento y causar irritación del tracto gastrointestinal de los animales, aunque en las plantas de soya no se encuentran en cantidades suficientes (23) para causar efectos adversos.

CONCLUSIÓN

Aunque se observaron variaciones entre lotes en el contenido de materia seca, fibra cruda, ceniza, fósforo, ácido linolénico y energía bruta, de la harina de frijol de soya integral procesado con vapor, los valores se ubicaron dentro de los rangos de referencia. El frijol de soya integral procesado con vapor es una fuente proteica de buena calidad, con buen contenido de lisina, grasa, energía bruta y ácidos grasos esenciales para la alimentación de aves y cerdos. No obstante, el evidente contenido de lípidos del frijol de soya integral, lo cual pudiera contribuir a ajustar la densidad energética de la dieta, lo hace susceptible a presentar altos índices de

oxidación aunado a su nivel de insaturación, lo cual amerita atención al momento de su uso en las dietas terminadas.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV) por proveer el financiamiento para la ejecución de este estudio a través del Proyecto: PG-8192-2011.

REFERENCIAS

1. Mirghelenj SA, Golian A, Kermanshahi H, Reza Raji A. Nutritional value of wet extruded full-fat soybean and its effects on broiler chicken performance. *J Appl Poult Res.* 2013; 22:410–422.
2. FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (Eds. De Blas, C., G. Mateos y P. Rebollar). 3era Edic. Madrid, España; 2010. 502 pp.
3. Palić DV, Lević JD, Sredanović SA, Đuragić OM. Quality control of full-fat soybean using urease activity: critical assessment of the method. *Acta Periodica Technol.* 2008; 39:47-53.
4. Nutrient requirements of swine. NRC. 2012. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
5. Stein HH, Berger LL, Drackley JK, Fahey GC, Hernot DC, Parsons CM. Nutritional properties and feeding values of soybeans and their coproducts. 2008. Page 613–660 in *Soybeans, Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. A. Johnson, P. J. White, and R. Galloway, ed. AOCS Press, Urbana, IL.
6. Clarke E, Wiseman J. 2007. Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. *Br Poult Sci.* 2007; 48:703-712.
7. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 15th ed. Washington D.C., USA. 1990.
8. Fick K, McDowell P, Miles N, Wilkinson J, Funk J, Conrad J. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2ª Ed. Universidad de Florida, Gainesville, U.S.A. Mimeo; 1979.
9. Morrison WR, Smith ML. Preparation of fatty acid methyl ester and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J Lipid Res.* 1964; 53: 600-608.
10. Hamerstrand GE, Black LT, Glover JD. Trypsin inhi-

- bitors in soy products: modification of the standard analytical procedure. *Cereal Chem.* 1981; 58: 42-45.
11. Araba M, Dale N. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. *Poult Sci.* 1990, 69: 76-83.
 12. Viroben S. Estimation rapide de la lysine dansle aliments pour animanx. *Reune Alimentation Animale* 1990; 69:78-86.
 13. COVENIN 1270:1980. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Alimentos para animales. Determinación de la actividad de ureasa. Caracas, Venezuela. pp. 9.1980.
 14. Ojeda A, Obispo N, Gil JL, Matute I. Perfil cualitativo de metabolitos secundarios en la fracción comestible de especies leñosas seleccionadas por vacunos en un bosque semicaducifolio. *Pastos y Forrajes* 2015; 38:64-72.
 15. SAS Institute Inc. Statistical Analysis System, SAS 9.1, Cary, NC, USA: SAS Institute; 2004.
 16. Lin X, Azain M, Odle J. Lipids and lipid utilization in swine. In: Sustainable swine nutrition. Chiba L, Editor. Oxford, United Kingdom. p 59-79. 2013.
 17. Dozier WA, Hess JB. Soybean Meal Quality and Analytical Techniques, Soybean and Nutrition. 2011. (Cited: January 20, 2016). Available in: <http://www.intechopen.com/books/soybean-and-nutrition/soybean-meal-quality-and-analytical-techniques>.
 18. Batterham ES, Saini HS, Andersen M, Baigen RD. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *J Sci Food Agric.* 1993; 61:211-216.
 19. Kim BG, Kil DY, Zhang Y, Stein HH. Concentrations of analyzed or reactive lysine, but not crude protein, may predict the concentration of digestible lysine in distillers dried grains with solubles fed to pigs. *J Anim Sci.* 2012; 90:3798-3808.
 20. Hurrell RF, Carpenter KJ. The estimation of available lysine in foodstuffs after Maillard reactions. In: Eriks-son, L. (Ed) Progress in Food and Nutrition Science. Vol 5. Maillard reactions in food. Pergamon Press, Oxford. U.K. 159-177 pp. 1981.
 21. Peterson WR, Warthesen JJ. Total and available lysine determinations using high pressure liquid chromatography. *J. Food Sci.* 1979; 44:994-997.
 22. COVENIN 744:1999. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Aceite comestible de soya. Caracas, Venezuela. pp. 8. 1999.
 23. Marcano D, Hasegawa M. Fotoquímica orgánica. 2a. ed. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas, Venezuela. 2002. 588 pp.

Recibido: 09-07-2016

Aceptado: 17-11-2016

Evaluación del contenido de amilosa en arroz mediante espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS

Johana Katerine Loaiza, Jesús E. Larrahondo

Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). Colombia-Palmira.
Universidad Santiago de Cali y Universidad del Valle, Colombia-Cali

RESUMEN. La espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS (por sus siglas en inglés) se emplea para el control de calidad de los alimentos. La determinación de amilosa en el arroz es un carácter heredable que correlaciona con la calidad del grano, importante en los programas de fitomejoramiento de arroz. El presente trabajo, establece la viabilidad de evaluar el contenido de amilosa en el arroz con la técnica NIRS. Inicialmente, se determinó entre arroz paddy o integral, cuál es el más apropiado para evaluar amilosa empleando NIRS. Se tomaron espectros a las 540 materiales de arroz procedentes del germoplasma del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego FLAR, y posteriormente se hizo análisis de componentes principales y análisis de regresión múltiple en cada tipo de arroz. El arroz integral fue el que obtuvo mejores resultados estadísticos. En el desarrollo de la calibración se empleó como referencia otra calibración en NIRS basada en harina de arroz con un $R^2=0.9$ de calibración y $R^2=0.78$ de validación, y se empleó Winisi para desarrollar la quimiometría. Se utilizó mínimos cuadrados parciales MPLS y una matemática de 2,1,1,2; longitud de onda de 1100-2492,2, lo que arrojó un $R^2 \geq 0.68$ de validación externa, aceptable para caracterizar las generaciones tempranas, con aproximadamente el 83% de aciertos. Los programas de fitomejoramiento del FLAR evalúan 15.000 materiales en el año en las generaciones tempranas, lo que significa US\$ 3.600 dólares y 45 días menos que evaluar con la calibración de harina de arroz, siendo la que actualmente se emplea en el FLAR.

Palabras clave: Amilosa, arroz integral, calibración, NIRS.

SUMMARY. Evaluation of rice amylose content by near infrared Spectroscopy. The determination of amylose in the rice is an inheritable character that it correlates with the quality of the grain, importantly breeder rice. The present work, it establishes the viability of evaluating the content of amylose in the rice with the technology NIRS. Initially, paddy or integral decided between rice, which is most adapted to evaluate amylose using NIRS. Spectra took to 540 materials of rice of the germplasm banks of the Latin American Found for Irrigated Rice. FLAR, and later there was done analysis of principal components and analysis of multiple regression in every type of rice. The brown rice was the one that most better statistical results. In the development of the calibration another calibration used as reference in NIRS based on flour of rice with a $R^2 = 0.9$ of calibration and $R^2 = 0.78$ of validation, and Winisi was used to develop the chemometrie. There was in use square minimums partial MPLS and a mathematics of 2,1,1,2; wavelength of 1100-2492,2, which a $R^2 = 0.68$ of external, acceptable validation to characterize the early generations, with approximately 83 % of successes. The programs breeding of the FLAR evaluate 15.000 materials in the year in the early generations, which means US\$ 3.600 dollars and 45 days less that to evaluate with the calibration of flour of rice, being the one that nowadays is used in the FLAR.

Key words: Amylose, brown rice, calibrations, NIRS

INTRODUCCIÓN

El arroz, el trigo y el maíz son los tres cereales de mayor importancia en el mundo, suscitando una alta influencia en la nutrición humana y en la seguridad alimentaria (1). Un aspecto importante en el arroz son las características culinarias las cuales están relacionadas con la estructura química del almidón (2), este polímero está compuesto por dos moléculas, una es la amilosa y la segunda la amilopectina (3), el mayor o menor contenido

de amilosa en el grano determina la calidad en cuanto a su cohesividad, textura y brillo del arroz cocido (4). En general, se puede considerar que el contenido de amilosa relaciona varias características de la calidad culinaria del arroz.

Existen varias metodologías utilizadas para la determinación del contenido de amilosa, una es el método colorimétrico registrado por la Asociación Americana de Química de Cereales AACC (5), el cual ha sido considerado de referencia para determi-

nar el contenido de amilosa en programas de mejoramiento de arroz (6). El NIRS, es un instrumento usado en la determinación del almidón de arroz (6 y 7). Para evaluar el contenido de amilosa empleando el NIRS, se requiere realizar una calibración utilizando la quimiometría como herramienta principal, que permite obtener un modelo matemático ideal para predecir el contenido de amilosa en el arroz. En la literatura se reportan diferentes calibraciones para determinar el contenido de amilosa de forma rápida y con poca cantidad de muestra, favoreciendo el proceso de selección genética en los programas de mejoramiento de arroz (3, 8 y 9). Asimismo, se reportan trabajos de caracterización de amilosa utilizando calibraciones obtenidas en el NIRS con muestras de arroz integral (10 y 11).

La técnica NIRS para evaluar el contenido de amilosa, es la principal metodología empleada en el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego FLAR y en el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, esta metodología es utilizada con muestra de harina de arroz. La preparación de la harina, consiste en secar, descascarar, pulir y pulverizar el arroz, y luego dejar en reposo durante ocho horas para estabilizar la humedad de la harina, este proceso es considerado largo y dispendioso, afectando la eficiencia en la evaluación de amilosa. Se estimó una reducción significativa al calcular el tiempo y costo para realizar el mismo análisis empleado arroz con menos proceso de preparación de muestra: como arroz paddy o arroz integral, dejando como resultado optimización del proceso. En el mismo orden de ideas, evaluar el contenido de amilosa en muestra con la menor manipulación y preparación contribuye con los resultados del programa de fitomejoramiento del FLAR y el CIAT, no sólo porque se reduce el tiempo de preparación de muestras y el costo de operación, sino también porque se entregan más rápido los resultados y se genera mayor capacidad de análisis, teniendo en cuenta que, en los últimos años se ha venido incrementando el número de evaluaciones de amilosa en el laboratorio de calidad de arroz del FLAR, pasando de evaluar 13000 muestras en el año 2008 a 20000 muestras en el año 2014.

El objetivo de este trabajo es establecer la viabilidad de realizar una calibración en el NIRS que cuantifique amilosa con arroz en paddy o arroz integral ya que estos dos requieren menos proceso de preparación de muestra, contribuyendo en la optimización del análisis y en la efectividad en la entrega de resultados a los me-

joradores de arroz, quienes utilizan los datos para continuar sus avances de mejoramiento genético.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Las actividades de este estudio se desarrollaron en el Laboratorio de Calidad de Arroz del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego -FLAR, ubicado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Este Centro de Investigación está localizado en el kilómetro 17 recta Cali – Palmira, municipio de Palmira, Valle del Cauca. Con una temperatura promedio de 26°C, una altura de 1001 m.s.n.m. y con coordenadas 3° 29'56.42" Latitud Norte, 76° 21'22.36" Longitud Oeste. La temperatura promedio del Laboratorio de Calidad es 22 °C y humedad relativa de 56%.

Muestras

La muestra utilizada fue arroz paddy y arroz integral, para el método de referencia se utilizó harina de arroz pulido. Se tomaron 540 accesiones procedentes del banco de trabajo del CIAT con las cuales se realizó un barrido espectral que permitió determinar el estado del arroz ideal para desarrollar la calibración. Se realizó la calibración del equipo con los 495 materiales más representativos de la muestra inicial, donde se utilizaron variedades de arroz del CIAT, líneas y variedades del FLAR, y un panel de diversidad de sub especies indicas de arroz obtenidas del banco de semilla del Instituto Internacional de Investigación de Arroz IRRI (por sus siglas en inglés). Para la selección de la muestra se tuvo en cuenta el contenido de amilosa por categoría: alta, intermedia y baja como también diversidad en la información genética.

Preparación de la muestras

La muestra utilizada en arroz paddy se secó al sol y luego se limpió las impurezas como piedras, raquis, raquillas arroz vano y otros. La muestra en arroz integral además de la limpieza se descascaró en un molino Suzuki MT-2005 N° 4.259-6; estos procesos se hicieron tanto para el barrido espectral como para el desarrollo de la calibración. Para el método de referencia se utilizó muestra en harina, la preparación de la harina de arroz también demandó limpieza, secado, descascarado pulió del grano utilizando el molino Suzuki MT-2005 N° 4.259-6, que además de tener la opción de descascarar permite pulir el arroz. Posteriormente, las muestras fueron pulverizadas en un molino Cyclone-

LabSampleMill 3010-080p, con un tamaño de partícula 5mm.

Toma de espectros

Las muestras de arroz: paddy, integral y harina se analizaron y escanearon por duplicado empleando NIRSSystem 6500 con reflectancia ($1/\log R$) y un rango de longitud de onda de 400-2,498 nm. Se tuvo en cuenta el mismo orden de escaneo desde el paddy hasta harina de arroz.

Análisis Espectral

En la selección del estado del arroz indicado para desarrollo de la calibración, se realizó análisis espectral utilizando herramientas estadísticas como: análisis de componentes principales ACP y la distancia de Mahalanobis (12). También, se realizó regresiones múltiples, y finalmente, se discriminó por tendencias teniendo en cuenta el comportamiento de los espectros con respecto a la clasificación por categoría de amilosa.

Calibración

Se empleó el software Winisi para establecer los ajustes de calibración: limpieza de ruidos, segmentación de espectro por longitudes de onda, aplicación de la segunda derivada utilizada en granos enteros (13), gap, smooth, logaritmos y regresión. Se hizo una matriz de resultados con los datos obtenidos teniendo en cuenta las diferentes variables mencionadas, de esta forma se proyectó el mejor coeficiente de determinación R^2 , el error estándar de calibración SEC y el error estándar de validación cruzada SECV. Lo anterior se realizó utilizando la herramienta Monitor Result del programa Winisi que trae consigo el NIRS. Por otro lado se calculó la desviación residual predictiva $RPD \geq 3.0$, considerando que para este rango se puede predecir datos y categorizar por alto, intermedio y bajo la amilosa (6).

Validación

Validación Interna

Se tomaron 232 muestras conocidas entre alta, intermedia y baja, estas muestras fueron también utilizadas en la calibración. Se calculó R^2 , SEP y Slope utilizando Monitor Result.

Validación Externa

En la validación externa se empleó 47 muestras desconocidas por la calibración, se calculó R^2 y SEP con el Monitor Result, y se hizo un ANOVA para determinar si se presentan diferencias significativas entre los valores de referencia y los predichos por la nueva calibración. Se halló el porcentaje de aciertos; donde acier-

tos = $\% \text{ aciertos} / \text{total}$. Lo anterior, dado que los fitomejoradores de arroz; buscan categorizar los materiales entre alto, intermedio y bajo en amilosa, y seleccionarlos entre los descartables y los promisorios, sin importar la exactitud del valor.

Tiempo y Costos

Se realizó cálculos y tablas comparativas que permitieron estimar el tiempo y costo de la nueva calibración con respecto a la ecuación en harina de arroz.

RESULTADOS

Análisis Espectral

Se encontraron APC mayores a 10, aceptables para realizar calibraciones en arroz paddy y arroz integral (13). Para el coeficiente de determinación el más representativo fue el R^2 de la regresión múltiple de arroz integral ($R^2=0.47$), se midió la distancia de Mahalanobis al centro poblacional (12) para lo cual se observaron 60 materiales atípicos en arroz paddy y 45 muestras atípicas para arroz integral.

Calibración

Dado los resultados del coeficiente de regresión fue considerado poco factible obtener una calibración con arroz paddy, por lo anterior, se consideró realizar solo una calibración empleando arroz integral. Las muestras atípicas identificadas por el cálculo de la distancia de Mahalanobis fueron eliminadas, considerando que los espectros restantes traen información limpia y representativa. En el Cuadro 1, se presenta las combinaciones más distintivas en las variables de calibración con la que se obtuvo 2 inte. eq. ; empleando 435 datos, con una matemática de 2,1,1,2 y una segmentación de longitud de onda de 11000-2492,2, un suavizado con la opción SNV and Detrend y un modelo de regresión de mínimos cuadrados parciales MPLS. Los resultados estadísticos obtenidos fueron SEC 0,33 SECV 1,20 R^2 0,99 y RPD 3,06.

Validación Interna

Se encontró un $R^2 = 0,83$ (Figura 1) y SEP 1,23 y Slope 0,4, indicando una alta significancia en la predicción de datos.

Validación Externa

La validación interna fue mejor que la validación externa ya que en esta se obtuvo $R^2=0,68$ (Figura 2) y SEP= 1,4. Los datos del ANOVA con un δ 0,05 (Tabla 1) no presentaron diferencias significativas con un $p=0,34$; lo que indica, que entre los datos obteni-

CUADRO 1. Combinaciones de calibración más representativas por sus variables estadísticas.

Segmentación de Longitud	Derivada	Gap	Smoothe 1	Smoothe 2	RSQ	SEC	SECV	1-VR	Sd	RPD
1150-2492,2	2	1	2	2	0.984	0.460	1.372	0.861	3.654	2.66
1150-2492,2	2	1	1	2	0.989	0.329	1.325	0.870	3.676	2.77
1150-2492,2	2	1	1	5	0.957	0.773	1.491	0.837	3.700	2.48
1100-2492,2	2	1	2	2	0.982	0.493	1.364	0.862	3.648	2.67
1100-2492,2	2	1	1	2	0.992	0.327	1.214	0.891	3.707	3.05
1100-2100,2	2	1	1	2	0.972	0.671	1.362	0.864	3.705	2.72
1100-2498,2	2	1	1	2	0.992	0.334	1.208	0.892	3.700	3.06
1100-2498,2	2	1	1	1	0.979	0.534	1.263	0.882	3.681	2.91

Sd: desviación estándar

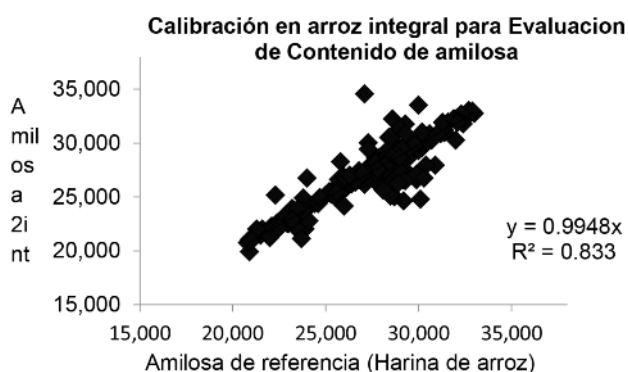


FIGURA 1. Correlación de la validación interna.

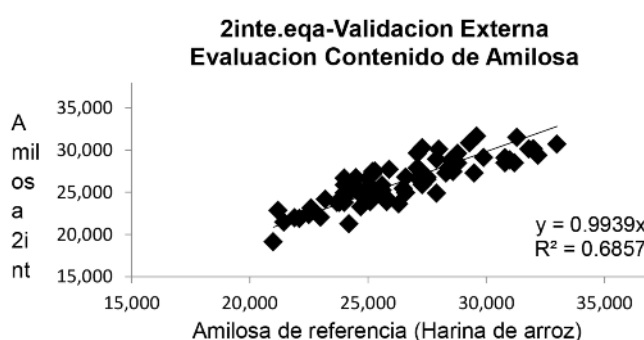


Figura 2. Correlación validación externa.

TABLA 1. ANOVA entre datos de referencia y datos predichos.

Origen	SC	GL	PC	F	P	Fcritico
Entre grupos	9147216	1	9147216	0,8	0,3	3,9
Dentro de grupos	941939836	92	10238476			
Total	951087052	93				

TABLA 2. Relación tiempo y costo por muestra

Información General	Costo total en dólar por muestra	Tiempo Total (minutos)
Muestras en harina	US \$ 0.86	5,00
Muestras en integral	US \$ 0.62	3,50

TABLA 3. Tiempo y costo requerido para evaluar amilosa /año

	# materiales	Generación	Tiempo mes/año	Costos (Dólar)
Harina de Arroz	5000	F7 y Viveros	2,6	US \$4,195.35
Arroz Integral	15000	F3-F6	5,46	US \$9,176.90
Sumatoria total	20000	8,0	US \$13,372.31

dos por la calibración con harina de arroz y los datos predichos por calibración con arroz integral se presentan similitud.

Con los 47 materiales se hizo una comparación entre el valor de referencia y los valores arrojados con la nueva calibración, y se estimó el porcentaje de aciertos, considerando en esta comparación los aciertos por

rangos de amilosa: alto (28-33 %), intermedio (23-27.9 %) y bajo (< 22.9%). Para este ensayo se obtuvo el 83% de aciertos, lo que define que para 20000 muestras año se obtendrían 17021 aciertos.

Relación tiempo y costo

En la Tabla 2 se observa que utilizar muestras en arroz integral reduce el costo en US \$23 dólares.

En los programas de mejoramiento del FLAR y el CIAT se analiza el contenido de amilosa desde generaciones tempranas F3 hasta generaciones avanzadas F6, de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 2, y al 83% de aciertos obtenidos, se realizó un cálculo de costo y tiempo evaluando el contenido de amilosa en generaciones tempranas empleando la calibración de arroz inte-

gral, y las generaciones avanzadas empleando la calibración en harían de arroz que es más robusta y precisa, lo anterior, como una estrategia de mejoramiento y selección de material promisorio manteniendo el criterio en lo posible de optimización del proceso.

En la Tabla 3, se observa el tiempo y costo de evaluación del contenido de amilosa en el año, evaluando generaciones tempranas, 15000 muestras aproximadamente con la calibración 2inte.eqa y 5000 muestras de líneas avanzadas empleando la calibración de harina de arroz.

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, se consideró realizar la calibración con arroz integral, donde se encontró un buen ajuste en las respuestas de los datos, con un mínimo de 23 componentes principales (>10 ACP) y adicionalmente se tuvo en cuenta el criterio de la distancia de Mahalanobis al centro poblacional (12) para lo cual se observaron 45 muestras atípicas las cuales fueron eliminadas, considerando que los espectros restantes traen información limpia y representativa. También se determinó el coeficiente de determinación de la regresión múltiple de $R^2=0.47$ valorado como poco representativo, pero siendo más alto al compararlo con el R^2 obtenido para arroz paddy $R^2=0.10$. Se probaron 32 combinaciones matemáticas de las cuales se encontraron 11 combinaciones con $R^2>0.90$. Sin embargo, al realizar el análisis de desviación residual predictiva (RPD) se observaron solo tres combinaciones con valores cercanos a 3,0 (cuadro 1). Es de considerar que a mayor RPD mejor precisión, y que valores cercanos a 3,0 permiten establecer valores de referencias y permite categorizar por rango las muestras evaluadas (6). Con respecto al análisis de aciertos y a la predicción de los datos se puede considerar que es posible utilizar el modelo matemático encontrado con arroz integral 2inte.eqa para evaluar 15000 líneas de arroz en el año desde F3 hasta F6, con el 83 % de aciertos, considerando que es un porcentaje representativo para la selección temprana de poblaciones segregantes (9 y 10), las 5000 muestras evaluadas en generaciones avanzadas en el año requieren más detalle y precisión, para lo cual se pueden evaluar con la ecuación matemática hecha para harina de arroz, la cual tiene un $R^2 0.78$ de validación externa. Simplificando el proceso de preparación de las muestras en la evaluación de amilosa en

generaciones tempranas puede optimizar el proceso en menor tiempo y costo, lo que significa reducción en 48 días laborales y US \$3,500 dólares menos que al analizar el 100% de las muestras con harina de arroz, generando un valor agregado a los fitomejoradores del FLAR y el CIAT.

CONCLUSIONES

En los programas de mejoramiento de arroz es posible utilizar calibraciones en NIRS que permitan la predicción de datos en generaciones tempranas de acuerdo a los valores estadísticos en arroz integral, permitiendo contribuir de forma no destructiva, rápida y rentable en el desarrollo del cultivo de arroz para la calidad del grano.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Andres Zuluaga Suarez, por la contribución durante su práctica profesional. A la Dra. Miryam Cristina Duque y Juan Cuasquer por la contribución y aportes en estadística. Al FLAR y al CIAT por el apoyo para el desarrollo de los trabajos en el Laboratorio de Calidad de Arroz.

REFERENCIAS

1. GRiSP (Global Rice Science Partnership). Rice Almanac, 4th edition, los Baños, Philippines: International Rice Research Institute; 2013.
2. Kusano M, Fukushima A, Fujita NO, Kobayashi M, Oitomen F, Ebana K, et al. Deciphering Starch Quality of Rice Kernels Using Metabolite Profiling and Pedigree Network Analysis. *Mol. Plant.* 2012; 5(2): 442 – 451.
3. Juliano, BO. Nutritive Value of Rice and Rice Diets. En: Philippine Rice Research Institute, editor. *Rice Chemistry and Quality*. 1 ed. Manila Philippine. Philippine Rice Research Institute; 2007. p 131-178.
4. Gaviria, L.J. Elaboración Culinaria y Organoléptica del Arroz Pulido Elaborado. En: *Molinería de Arroz Tomo II*. 1 ed. Bogotá DC.: Ediagro. LTDA. 2007, p 259-308.
5. American Association of Cereal Chemists AACC. *Approved Methods*. 11th. ed. Determination of the pasting properties of rice with the Rapid ViscoAnalyser. Method 61-02.01. Saint Paul, MN, USA; 2000.
6. Natsuga y Kawamura. (2006). Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Determining Physi-

- cochemical Properties of Rice. 2006 American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351 1069. Vol. 49(4): 1069-1076.
7. Shenk, J.S.; Workman, J. and Westerhaus, M. Applications of NIRS. Agriculture products. In Handbook of NIRS. 2^a. Editions. Burns. Pp 419-474.
 8. Bao, J. y Corke; H. Prediction of rice starch quality parameters by Near-Infrared Reflectance spectroscopy. *J Food Sci.* 2001; 66(7): 936-939.
 9. Bao, J. y Liang, YS. Determination of thermal and retrogradation properties of rice starch using near-infrared spectroscopy. *J Cereal Sci.* 2007; 46(1): 75-81.
 10. Wu, J.G. y Shi, C.H. Prediction of grain weight, brown rice weight and amylose content in single rice grains using near-infrared reflectance spectroscopy. *Field Crops Res.* 2004; 87(1): 13-21.
 11. Wu JG, Shi CH. Calibration model optimization for rice cooking characteristics by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) *Food Chem.* 2007; 103 (3): 1054-1061.(11).
 12. Cheewapramong, P. Use of Near-Infrared Spectroscopy for Qualitative and Quantitative Analyses of Grains and Cereal. Products. [Internet]. University of Nebraska Lincoln: Food science Technology Department; December 2007. [citado 11 de mayo 2016]. Disponible: <http://digitalcommons.unl.edu/foodscidiss/2/>
 13. Osborne, BG; Fearn, T; Hindle, PT. Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis. Vol 1. 2nd ed. Addison-Wesley Longman &

Recibido: 17-05-2016

Aceptado: 18-11-2016

Evaluación nutricional de la papa de aire (*Dioscorea bulbifera* L.) cultivada en Panamá

Manuel Jiménez-Montero y Sergio Sánchez Silvera

Fundación Toabré, Panamá

RESUMEN. El objetivo del presente estudio fue el de conocer la composición nutricional de los tubérculos de la papa de aire (*Dioscorea bulbifera* L.) especie subutilizada en la agricultura campesina panameña. Se seleccionaron 18 muestras obtenidas de parcelas de prueba ubicadas en comunidades campesinas del distrito de Donoso, provincia de Colón, en Panamá, durante los años 2012 y 2013. A las muestras seleccionadas se les determinó humedad, proteínas, azúcares, almidón, lípidos, cenizas y contenido energético. En el segundo año se incluyó el análisis de vitamina C, compuestos fenólicos y actividad antioxidante. No se encontraron diferencias significativas de los valores entre comunidades, tipo de parcela y año de cultivo, lo cual evidencia una alta estabilidad de estos valores nutricionales en las condiciones del trópico muy húmedo de Panamá. Los resultados obtenidos presentan un contenido nutricional similar al de otros tubérculos utilizados en la dieta campesina de Panamá. Los valores de actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos encontrados le confieren características de alimento funcional.

Palabras clave: Cultivo subutilizado, alimento funcional, antioxidante, Panamá

SUMMARY. Nutritional evaluation of air potato (*Dioscorea bulbifera* L.) grown in Panamá. The goal of this study was to determine the nutritional composition of air potato (*Dioscorea bulbifera* L.) tubers, underutilized specie in the Panamanian peasant agriculture. The samples were obtained from test plots located in rural communities in the district of Donoso, Province of Colon in Panama, during the years 2012 and 2013. Contents of moisture, protein, sugars, starch, lipids, ashes and energetic were determined to the 18 selected samples. In the second year were included analysis of vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity. No significant differences of the values between communities, type of land and crop year were found, which suggest high stability of these nutritional values of air potato, in the very humid tropics conditions of Panama. The results show that the air potato tubers have a nutritional value similar to other tubers used in the peasant diet of Panama. The levels of antioxidant activity and phenolic content found, give *D. bulbifera* characteristics as a functional food.

Key words: Underutilized crop, functional food, antioxidant, Panama

INTRODUCCIÓN

La papa de aire (*Dioscorea bulbifera* L.) es una especie perteneciente a la familia de los ñames (Dioscoreaceae), que ha sido utilizada en la alimentación humana en Asia, África, Australia y América (1), principalmente por la población campesina e indígena de escasos recursos. Este nombre, y otros tales como ñame volador o papa voladora, hacen alusión a los tubérculos comestibles que produce, los cuales se originan en el tallo en las axilas de las hojas, y no en el suelo, como el resto de sus congéneres (Figura 1).

Estudios recientes (2) señalan que la papa de aire es un cultivo de vieja presencia en las parcelas campesinas panameñas, pero con un nivel relativamente bajo de cultivo y consumo, lo cual lo ubica en el rango de cultivo subutilizado. En esa perspectiva, uno de los factores

que limita su consumo es que no se tiene un conocimiento preciso de los aportes nutricionales que esta especie proporciona al ser humano, en las condiciones del medio rural panameño.

El presente estudio se sustenta en la hipótesis de que la papa de aire posee las cualidades nutricionales para convertirse en un importante fitorecurso para la alimentación humana en Panamá. Se plantea como objetivo conocer la composición química de la papa de aire (*D. bulbifera*) en las condiciones del trópico húmedo muy lluvioso de Donoso, Colón, destacando los aspectos relevantes para su promoción como cultivo alimenticio en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se obtuvieron en parcelas de prueba

establecidas durante dos años consecutivos (2012 y 2013) en los terrenos de agricultores campesinos, y bajo su manejo y supervisión, en el distrito de Donoso en la provincia de Colón, República de Panamá. En dicha experiencia se seleccionaron seis comunidades (El Jobo, Dominical, Belorizal, San Luis, Concepción y Guasimo), y en cada una se establecieron tres (3) parcelas con 25 plantas cada una, para un total de 18 parcelas, con tres variantes de distancia de siembra entre plantas.

La cosecha de las parcelas se realizó en el mes de noviembre, siete meses después de la siembra. La primera se realizó entre el 10 y el 25 de noviembre de 2012 y la segunda entre el 9 y 24 de noviembre de 2013. En ambos casos se realizó la colecta total de los tubérculos de cada parcela, una por una. Las muestras se obtuvieron a partir de los tubérculos medianos (diámetro entre 5 y 10 centímetros), tomando 6 tubérculos al azar de ese grupo en cada parcela. Las mismas fueron llevadas al Laboratorio de Bioquímica de Alimentos y Nutrición de la Universidad de Panamá a fines del mes de noviembre de cada año, obteniendo los resultados en febrero de 2013 y mayo de 2014, respectivamente. El análisis químico proximal incluyó humedad, cenizas, lípidos, azúcares totales, almidón y proteína.

De cada muestra se tomaron 120 g de la porción comestible, las cuales fueron deshidratadas en un horno

a 105°C durante 16 horas. Esta porción seca fue transformada en un fino polvo, por homogenización utilizado un molino de cuchilla Black & Decker y se colocaron en envases herméticos para minimizar la rehidratación. Para la determinación de humedad, cenizas, lípidos, almidón y proteína cruda, se utilizaron los procedimientos analíticos recomendados por el AOAC (3) y los azúcares totales se analizaron según Osborne y Voogt (4).

En el segundo año (2013) se realizaron tres determinaciones adicionales: vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante, en porciones cruda y cocida de seis muestras de tubérculos, una por comunidad. La actividad antioxidante se determinó por el método basado en la reducción de la solución metanólica de 2,2-difenilpicrilhidrazilo (DPPH) descrito por Lamaison et al (5). El contenido de vitamina C se determinó se determinó por titulación, utilizando 2,6-ciclorofenolindofenol (3). Los compuestos fenólicos se determinaron utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu con el método descrito por Singleton y Rossi (6). La porción cruda se procesó fresca y la porción cocida se obtuvo de tubérculos cocidos en agua durante 15 minutos, sin ningún tipo de adición.

Los resultados obtenidos se procesaron con el paquete estadístico STATISTICA 7. Este procesamiento incluyó el análisis exploratorio, estadísticas básicas, análisis de varianza y prueba de medias.



Figura 1. Tubérculos de papa de aire (*Dioscorea bulbifera L.*)

RESULTADOS

En relación al contenido nutricional se obtuvo como valores promedio de los dos años de cultivo (en g/100 g) una humedad de 72.7, cenizas 1.12, lípidos 0.23, proteína 1.25, azúcares 0.14, almidón 23.8 y un contenido energético de 103.3 Kcal/100 g (Tabla 1).

No se encontró diferencias significativas de los valores entre comunidades, tipo de parcela y año de cultivo, lo cual da cuenta de una alta estabilidad de la composición química de la papa de aire en las condiciones del trópico muy húmedo de Panamá.

En cuanto a los análisis incorporados en la segunda cosecha se obtuvieron resultados que abren nuevas perspectivas al estudio de *D. bulbifera* en Panamá. Como se observa en la Tabla 2 los valores de vitamina C encontrados, con una media de 7.30 mg/ 100 g de peso fresco, se ubican en un rango relativamente bajo, lo cual es típico para este tipo de producto. No obstante, al evaluarse la actividad antioxidante en los tubérculos, se obtuvo resultados que indican valores comparativamente altos para un producto farináceo. Dicha actividad

TABLA 1. Contenido nutricional de tubérculos de papa de aire, en base húmeda. Donoso, Panamá, años 2012 y 2013.

	AÑO 2012	AÑO 2013
HUMEDAD (g/100g)	72.97 + 2.16	72.47 + 1.93
CENIZAS (g/100g)	1.14 + 0.23	1.10 + 0.25
LÍPIDOS (g/100g)	0.23 + 0.07	0.24 + 0.06
PROTEINA (g/100g)	1.22 + 0.26	1.28 + 0.13
AZUCARES (g/100g)	0.15 + 0.02	0.14 + 0.03
ALMIDON (g/100g)	23.87 + 1.92	23.88 + 1.43
CALORIAS (Kcal/100 g)	103.16 + 7.72	103.52 + 5.81

Los resultados se presentan como promedio + desviación estándar n= 18.

TABLA 2. Vitamina C, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en tubérculos de papa de aire de Donoso, Panamá, Año 2013.

Muestra (Comunidad)	Vitamina C		Actividad Antioxidante (CI 50)*		Compuestos fenólicos	
	Cruda (mg/100g)	Cocida (mg/100g)	Cruda (mg)	Cocida (mg)	Cruda (mg EAG**/100g)	Cocida (mg EAG**/100g)
EL JOBO	6.0	6.8	8.87	8.21	175	191
DOMINICAL	7.2	6.5	8.32	8.74	192	187
SAN LUIS	8.0	7.4	7.96	8.79	201	189
BELORIZAL	7.8	8.1	7.85	8.52	190	196
CONCEPCIÓN	6.7	6.5	8.65	7.73	198	179
GUASIMO	8.1	7.6	8.44	7.40	187	194
Media + Desviación estándar	7.30 + 0.82	7.15 + 0.65	8.34 + 0.39	8.23 + 0.56	190.50 + 9.18	189.33 + 6.02

* Cantidad de alimento que disminuye en 50% la absorbancia de la solución de DPPH

**Equivalentes de Ácido Gálico

parece responder al contenido de compuestos fenólicos, que también se ubica en un rango alto, con una Concentración de Inhibición media (CI50) de 189.9 mg equivalentes de ácido gálico/100 g (Tabla 2).

De la comparación de estos valores para muestra cruda y cocida, se encontró que la cocción de los tubérculos no parece afectar de manera importante este contenido, ya que si bien se aprecia una leve disminución, no produce cambios significativos y se puede considerar despreciable.

DISCUSIÓN

Los valores encontrados corresponden a un tubérculo típico, es decir, con alto contenido de almidón y contenido energético y bajo contenido de azúcares, lípidos y proteínas, similar a otros tubérculos del mismo género consumidos por la población campesina e indígena de Panamá, como el ñame (*Dioscorea alata*) y el ñampí (*Dioscorea trifida*), de acuerdo con la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica (7). De igual forma se reportan valores similares de carbohidratos, lípidos y aporte calóricos en tubérculos del mismo género (*D. alata* y *D. cayanensis*) en Brasil (8)

Al comparar los valores nutricionales encontrados en este estudio con los reportados a nivel internacional para *D. bulbifera* en base húmeda, se observó que la mayor similitud se dio con los valores reportados por la FAO para

una muestra de Australia (9). Sin embargo, en la mayoría de los casos los valores encontrados difieren de manera destacable. Los valores de proteína y cenizas fueron inferiores a los de Libra et al (10) en Costa de Marfil, a los encontrados en Himalaya por Chandra et al (11), a los reportados por la Tabla de composición de alimentos de África Occidental (12), y Sanful et al (13) en Ghana. Lo común en todos los casos es que el contenido de agua de los tubérculos de papa de aire del presente estudio fue superior a todos en una media del 10%, lo cual señala que en las condiciones de Panamá los tubérculos tienden a acumular más agua, en detrimento de los otros componentes nutricionales y corrobora lo señalado por Badui (14) de que la composición final de un alimento vegetal depende de muchos factores, tales como la variedad de la semilla, el tipo de suelo, la temperatura ambiental, entre otros; es decir, responde a factores genéticos, climáticos y ecológicos. No obstante esta variación, la composición nutricional de la papa de aire puede considerarse adecuada para el consumo de la población.

En lo relativo al contenido de vitamina C, valores similares fueron también reportados para papa de aire por Peña y Ruiz en Tabasco, México (15) y en Brasil (8) se observó similitud de su contenido con especies del mismo género (*D. alata* y *D. cayanensis*).

El aporte singular de estos tubérculos viene dado por los altos niveles de actividad antioxidante, que se correlacionan positivamente con el contenido de compuestos fenólicos hallados, los cuales además se encuentran en un rango comparable al de hortalizas de raíz y fruto (16). Según Quintanar y Calderón (17) la actividad antioxidante incluye diversos mecanismos con los cuales los organismos aerobios enfrentan el deterioro celular, provocado principalmente por los radicales libres. Un mecanismo lo constituyen los antioxidantes exógenos, tales como la vitamina C y los polifenoles. El contenido de estos últimos parece ser la causa principal de la actividad antioxidante en el contenido de los tubérculos de *D. bulbifera*. Resultados similares fueron reportados por Ghosh et al (18) quienes señalan que *D. bulbifera* contiene cantidades significativas de fitoquímicos con propiedades antioxidantes que pueden ser explotadas como fuente potencial para reducir el estrés oxidativo inducido por enfermedades.

Estudios recientes han demostrado que muchos constituyentes polifenólicos dietéticos derivados de

plantas son antioxidantes más eficaces in vitro que las vitaminas E o C, y por lo tanto pueden contribuir significativamente a los efectos protectores in vivo (19). Esto ha motivado un creciente interés en la investigación sobre el papel de los antioxidantes de origen vegetal en la alimentación y la salud humana. La influencia beneficiosa de muchos productos alimenticios y bebidas en la salud humana ha sido reconocido recientemente que proceden de su actividad antioxidante (20). Estudios recientes con *D. bulbifera* reportan también esta actividad antioxidante, como muestran los estudios desarrollados por Ghosh et al (21) y Marinyan (22).

Por otro lado, la correlación entre actividad antioxidante y compuestos fenólicos es ampliamente comprobable en otros productos de origen vegetal (23) y se ha encontrado no solo su relación lineal positiva y significativa, sino también que los compuestos fenólicos fueron los componentes antioxidantes dominantes (24), con independencia del método analítico utilizado (25).

En un estudio con 56 plantas en China, Son et al (26) encontraron también una alta correlación positiva entre la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales, lo que a su entender indica que los compuestos fenólicos son un importante contribuyente de la actividad antioxidante de estas plantas. Sus resultados señalan que *Dioscorea bulbifera* mostró los valores mayores en ambas variables, por lo que podría ser una potencial fuente rica en antioxidantes naturales.

Otro factor a considerar al evaluar estas variables nutricionales lo constituye el efecto de la cocción en ellas. Según Marquina et al (27) la cocción de los vegetales y frutas causa la reducción de su actividad antioxidante y su concentración de polifenoles. Trabajando con *D. bulbifera* y *D. dometorum* en Nigeria, Ogbuagu (28) también encontró una disminución de valores luego de la cocción. Sin embargo, Tarwadi (16) anota que a pesar de las pérdidas por cocción la asociación entre valores seguía siendo fuerte.

Shajeela et al (29) reportaron que entre diversas especies de Dioscorea, los tubérculos de *D. bulbifera* presentaron los mayores contenidos de compuestos fenólicos libres, agregando que estos son compuestos solubles en agua, y como tales, pueden ser eliminados por inmersión seguida por la cocción. Sin embargo, el resultado del presente estudio no coincide con este planteamiento, toda vez que el contenido de compuestos fenólicos no varió significativamente en la muestra

cocida, lo cual indica que los componentes responsables de la actividad antioxidante en la papa de aire producidos en Donoso, son estables a las condiciones de cocción.

CONCLUSIONES

Este estudio permite un primer acercamiento al conocimiento de la composición química y calidad nutricional de los tubérculos de papa de aire en las condiciones del trópico muy húmedo de Panamá. Las muestras analizadas dan cuenta de valores correspondiente a un tubérculo típico, es decir, con alto contenido de almidón y contenido energético y bajo contenido de azúcares, lípidos y proteínas, similar a otros como el de ñame, malanga o yuca, con lo cual se considera que su consumo es adecuado para la población. El contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante que presentan los tubérculos de papa de aire es alto para rizomas y farináceas y lo ubica en el rango de los alimentos funcionales. Los resultados orientan en la necesidad de fortalecer la promoción del cultivo y consumo de la papa de aire y realizar nuevos estudios para profundizar en el conocimiento de sus propiedades nutraceuticas.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT) por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación. A los agricultores y comunidades campesinas del distrito de Donoso, quienes colaboraron de manera directa y entusiasta en las actividades de campo.

REFERENCIAS

- Rincón AM, Araujo de Vizcarrondo C, Carrillo de Paddilla F, Martín E. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*). Arch Latinoam Nutr 2000; 50 (3): 286-290.
- Jiménez-Montero M, Aguilar Martínez A.. Estudio etnobotánico de la papa de aire (*Dioscorea bulbifera* L.) en Donoso (Colón, República de Panamá). Revista Luna Azul, 2016; (42): 54-67. DOI: 10.17151/luaz.2016.42.6
- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 16^a ed. Gaithersburg (MD), USA; 1997.
- Osborne D R., Voogt, P. 1978. The analysis of nutrients in foods. Academic Press, London, U.K., 240-p.
- Lamaison JL, Petitjean-Freytet C, Carnat A. Medicinal Lamiaceae with antioxidant properties a potential source of rosmarinic acid. Pharm Acta Helv 1991; 66 (7):185-188.
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Viticult 1965; 16 (3):144-158.
- Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. INCAP Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Menchú, M. T. y Méndez, H. (Editores) INCAP/OPS, 2007. Segunda Edición. Tercera Reimpresión 2012. 128 pp. ISBN: 99922-880-2-7
- Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Alimentos regionais brasileiros. Brasília, Ministério da Saúde, 2015. 484 p. ISBN 978-85-334-2145-5
- FAO/INFOODS Food Composition Database for Biodiversity Version 2.1 – BioFoodComp2.1. FAO, Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2013
- Libra MA, Gonnety JT, Ahí AP, Dabonne S, Ahipo ED, Kouame LP. Physicochemical Changes in Bulbils of Two Cultivars of *Dioscorea bulbifera* During the Ripening Period. Adv J Food Sci Technol 2011; 3(5): 327-331
- Chandra S, Saklani S, Mishra PA, Bamrara A. Nutritional profile and phytochemical screening of Garhwal Himalaya medicinal plant *Dioscorea bulbifera*. International Research Journal of Pharmacy 2012; 3(5): 289-29. ISSN: 2230-8407
- West African Food Composition Table. FAO 2012. En: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/238ce5e9-acd5-5cb2-8442-6498506aee1c/>
- Sanful RE, Oduro I, Ellis WO. Proximate and Functional Properties of Five Local Varieties of Aerial Yam (*Dioscorea bulbifera*) in Ghana. Middle East J Sci Res 2013; 14 (7): 947-951.
- Badui D. S. Química de alimentos. Cuarta Edición, Pearson Educación, México, 2006, 736 p. ISBN: 970-26-0670-5
- Peña L. EG, Ruiz C. V. Vitaminas hidrosolubles en fitorrecursos alimenticios de comunidades étnicas de Tabasco. Revista Universidad y Ciencia 2003; 19 (38): 85-91
- Tarwadi K, Agte V. Antioxidant and micronutrient quality of fruit and root vegetables from the Indian subcontinent and their comparative performance with green leafy vegetables and fruits. J Sci Food Agric 2005; 85(9):1469-1476.
- Quintanar E., M. A. y J. V. Calderón S. 2009. La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. Re-

- vista de Educación Bioquímica, vol. 28, núm. 3, pp. 89-101
18. Ghosh S, Derle A, Ahire M, More P, Jagtap S, et al. Phytochemical Analysis and Free Radical Scavenging Activity of Medicinal Plants *Gnidia glauca* and *Dioscorea bulbifera*. PLoS ONE 2013; Vol 8, No. 12, e82529. 18 p. DOI: 10.1371/journal.pone.0082529
 19. Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds Trends Plant Sci 1997; 2 (4); 152-159
 20. Gülçin I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. Arch Toxicol 2012; 86 (3): 345-391
 21. Ghosh S, Nitnavare R, Dewle A, Tomar GB, Chippalkatti R, More P, et al. Novel platinum-palladium bimetallic nanoparticles synthesized by *Dioscorea bulbifera*: anticancer and antioxidant activities. Int J Nanomedicine 2015; 10: 7477-7490
 22. Mariyam NF. Medicinal Uses of *Dioscorea bulbifera*-A Review. Res J Pharm Technol 2015; 8 (8): 1059-1062
 23. Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. J. Agric. Food Chem. 1998; 46 (10): 4113-4117.
 24. Caia Y, Luob Q, Sunc M, Corke H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. Life Sciences 2004; 74 (17):2157-2184.
 25. Pavel Stratil , Bořivoj Klejdus , and Vlastimil Kubáň. Determination of Total Content of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Vegetables - Evaluation of Spectrophotometric Methods. J. Agric. Food Chem. 2006; 54 (3); 607-616
 26. Song FL, Gan RY, Zhang Y, Xiao Q, Kuang L, Li HB. Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected Chinese medicinal plants. Int. J Mol Sci 2010; 11(6): 2362-2372
 27. Marquina V, Araujo L, Ruíz J, Rodríguez-Malaver A, Vit P. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava L.*). Arch Latinoam Nutr 2008; 58 (1): 98-102
 28. Ogbuagu MN. Nutritive and Anti-Nutritive Composition of the Wild (In-Edible) Species of *Dioscorea bulbifera* (Potato Yam) and *Dioscorea dumetorum* (Bitter Yam) J. Food Tech 2008; 6 (5): 224-226
 29. Shajeela, P.S. ; V. R. Mohan, L. Louis JL, Tresina SP. Nutritional and antinutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea spp.*). Tropical and Subtropical Agroecosystems 2011; 14(2):723-730

Recibido: 08-08-2016

Aceptado: 16-09-2016

Composición nutricional, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cascarilla de garbanzo (*Cicer arietinum*)

Guillermo Niño-Medina, Dolores Muy-Rangel, Aurora de Jesús Garza-Juárez,
Jesús Alberto Vázquez-Rodríguez, Gerardo Méndez-Zamora, Vania Uriás-Orona

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Nuevo León, México.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Culiacán, Sinaloa, México.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Salud Pública y Nutrición. Monterrey, Nuevo León, México.

RESUMEN. La composición química, minerales, azúcares neutros, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante fueron analizados en la cascarilla de garbanzo. La cascarilla de garbanzo presentó 72% de fibra dietaria, del cual el 24.4% fue celulosa. Los compuestos fenólicos y actividad antioxidante de la cascarilla de garbanzo fueron evidentes, predominando los taninos condensados totales con 13.28 mgEC/g, donde la fracción soluble fue mayor respecto a la fracción ligada. El contenido de proteína y grasa fue de 4.5 y 0.4%. En conclusión, la cascarilla de garbanzo tiene propiedades nutricionales y funcionales que pueden ser consideradas en el diseño de nuevos productos alimenticios para mejorar la salud de los consumidores.

Palabras clave: Composición química, fibra dietaria, azúcares neutros, compuestos fenólicos, actividad antioxidante, *Cicer arietinum*.

SUMMARY. Nutritional composition, phenolic compounds and antioxidant capacity of chickpea (*Cicer arietinum*) husk. The chemical composition, minerals, neutral sugars, phenolic compounds and antioxidant capacity were analyzed in the chickpea husk. Chickpea husk presented 72% of dietary fiber of which 24.4% was cellulose. The content of phenolic compounds and antioxidant capacity of chickpea husk was evident, predominating condensed tannins with a total content of 13.28 mgECat/g, of which soluble fraction was the higher than bound fraction. The content of protein and fat was 4.5 and 0.4 %, respectively. In conclusion, chickpea husk has nutritional and functional properties that can be considered in the design of new food products to improve the health of consumers.

Key words: Chemical composition, dietary fiber, neutral sugars, phenolic compounds, antioxidant capacity, *Cicer arietinum*.

INTRODUCCIÓN

El consumo de leguminosas es importante, sus granos o semillas tienen más proteínas que los cereales, alto porcentaje fibra dietaria, minerales y almidón (1); además poseen efectos fisiológicos benéficos en la prevención de la diabetes, problemas de obesidad, enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon (2). La cascarilla, pericarpio o cubierta de las leguminosas normalmente son destinadas como alimento para ganado después del procesamiento del grano. Son un material de desecho de algunas industrias alimentarias como la aceitera y harinera, representan un subproducto del 20% del total de la leguminosa procesada (3). Este tipo de industrias generan residuos con potencial antioxidante, antimicrobiano, así como compuestos bioactivos, tal es el caso de la cascarilla de garbanzo. Además de ser un subproducto de bajo costo, la cascarilla de garbanzo posee un alto contenido de fibra dietaria y polifenoles.

La fibra dietaria, se constituye de celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, gomas y su consumo trae consigo beneficios al organismo humano como la disminución del colesterol, lipoproteínas de baja densidad (LDL), problemas del tracto digestivo e incidencia de cáncer de colon (4). Por su parte, los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas, usados como mecanismo de defensa. Los polifenoles (flavonoides, taninos, ácidos fenólicos) desde el punto vista nutricional tienen un alto impacto por su actividad antioxidante (5). Los antioxidantes reducen el estrés oxidativo y participan en la prevención de enfermedades degenerativas como el cáncer y padecimientos cardiovasculares, poseen propiedades antiinflamatorias, y su efectividad depende de la cantidad consumida y su biodisponibilidad (6). El objetivo de este estudio fue evaluar la composición química, minerales, azúcares neutros, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la cascarilla de garbanzo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la cascarilla de garbanzo

Grano de garbanzo tipo Kabuli Variedad 'Jumbo' de coloración crema fue donado por la Unión Nacional de Productores y Exportadores de Garbanzo (UNPEG, Culiacán, Sinaloa, México). Dos muestras de 6.25 kg con dos replicas (n=4) se utilizaron para la caracterización. El grano fue humedecido en agua a 40°C durante 2 h, posteriormente la cascarilla del grano fue separada manualmente y secada durante la noche a 45°C. Finalmente, la cascarilla fue molida y tamizada a tamaño de partícula de 420 µm (malla 40), obteniendo un rendimiento de 3.5 %.

Análisis proximal y minerales

El análisis proximal y de minerales fue realizado de acuerdo a las metodologías oficiales de la AOAC (7): humedad (método 925.09), grasa (Soxhlet, método 923.03), fibra cruda (método 920.86), proteínas (micro-Kjeldahl, método 960.52) y cenizas (método 923.03); el contenido de carbohidratos fue estimado por diferencia y los carbohidratos totales fueron obtenidos por diferencia más el contenido de fibra cruda. El contenido de fibra dietaria total (FDT) fue determinado basado en el método 985.29, utilizando el kit de fibra dietaria Megazyme®. En la determinación de minerales (método 955.06), las muestras fueron sometidas a una digestión ácida (HCl) y posteriormente se determinó el contenido de minerales en un espectrómetro de absorción atómica SpectrAA-220 (Varian). Los elementos de K y Na se analizaron por emisión de flama a 589.6 y 769.9 nm, respectivamente. El contenido de Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn se determinó por absorción atómica a 422.7, 285.2, 213.9, 324.7, 248.3 y 279.5 nm, respectivamente.

Azúcares neutros (AN)

La determinación de AN fueron realizados por cromatografía de gases; 3 mg de cascarilla fueron tratados con 500 µL de ácido trifluoroacético 2N durante 1 h a 120°C, utilizando 200 µg de mio-inositol como estándar interno. Enseguida la muestra fue centrifugada, el sobrenadante recuperado, tratado con 150 µL de NaBH₄ (20 mg/mL en NH₄OH 1N) y posteriormente fue llevada a cabo la acetilación con 200 µL de anhídrido acético y 20 µL de 1-metilimidazol como catalizador; 2 mL de agua y 3 mL de cloroformo fueron agregados al material derivatizado y la fase clorofórmica fue recuperada y evaporada, así los acetatos de

alditol fueron resuspendidos en acetona para su inyección en un cromatógrafo de gases Varian CP-3800 con detector FID (250°C), con columna capilar DB-23 de 30 m x 0.25 mm (210°C) y helio como gas acarreador a flujo constante de 3 mL/min. La integración de áreas fue hecho con el software MS Workstation versión 6.5 (SP1) (Varian Inc.), y los cálculos fueron realizados a partir de curvas estándares de ramnosa, fucosa, arabinosa, xilosa, manosa, galactosa y glucosa.

Celulosa

El pellet resultante del análisis de azúcares neutros se hidrolizó durante 5 h con H₂SO₄ concentrado y el contenido de azúcares totales se determinó por el método de antrona propuesto por Yemm y Willis (8); 100 µL del extracto se tomaron, adicionándoles 400 µL de agua destilada y 1000 µL de antrona al 0.2% en H₂SO₄ concentrado, se calentó en baño húmedo a 80°C por 10 min, posteriormente se enfrió en hielo y finalmente se tomó la lectura de las muestras a 620 nm en un espectrofotómetro Cary 60 UV-Vis (Agilent Technologies). La determinación del contenido de celulosa se basó en una curva de calibración con glucosa y los resultados se expresaron en porcentaje.

Extracción de fenólicos libres y ligados

La extracción de fenólicos libres y ligados fue realizada de acuerdo al método de Urias-Orona et al. (9) con modificaciones. En la extracción de fenólicos libres se tomaron 100 mg de cascarilla de garbanzo y fueron suspendidos en 5 mL de metanol al 80%, enseguida la muestra fue tratada con flujo de argón durante 30 s y agitada a 200 rpm por 2 h. La muestra fue centrifugada a 4650 g, el sobrenadante fue recuperado y almacenado a -20°C hasta su análisis para fenólicos y capacidad antioxidante. En la extracción de fenólicos ligados, el pellet recuperado de la obtención de fenólicos libres fue tratado con 5 mL de NaOH 2M, flujo de argón por 30 s y agitado a 200 rpm por 4 h. Enseguida, el pH fue ajustado a 2.5 con HCl concentrado y centrifugado a 4650 g. El sobrenadante fue recuperado y se agregaron 5 mL de acetato de etilo en dos ocasiones. Los extractos de acetato de etilo fueron combinados y evaporados a 40°C con flujo de argón y almacenados a -20 °C. Al momento del análisis el extracto fue resuspendido en 3 mL de metanol al 80%.

Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

Los ensayos de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante fueron realizados de acuerdo a López-Contreras et al. (10). La determinación del contenido

de fenoles totales (FN) fue llevada a cabo utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu, usando ácido clorogénico como estándar (0 a 200 mg/L) y el resultado fue expresado como miligramos equivalentes de ácido clorogénico por gramo de muestra (mgEAC/g). El contenido de flavonoides totales (FL) fue determinado con base al ensayo del cloruro de aluminio utilizando catequina como estándar (0 a 200 mg/L), y el resultado fue expresado como miligramos equivalentes de catequina por gramo de muestra (mgECat/g). El contenido de taninos condensados (TC) fue determinado con base en la prueba vainillina-HCl utilizando catequina como estándar (0 a 200 mg/L) y el resultado fue expresado como miligramos equivalentes de catequina por gramo de muestra (mgECat/g). La capacidad antioxidante fue evaluada con base en la reducción de absorbancia de los radicales 2,2-Difenil-1-picrylhidrazilo (DPPH) y ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico (ABTS), utilizando Trolox como estándar (0 a 800 $\mu\text{mol/g}$) y expresados como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de muestra ($\mu\text{molET/g}$).

Análisis de datos

Los datos fueron expresados como media \pm desviación estándar ($y_i = \mu \pm \epsilon_i$, $n=4$), obtenidos de los resultados de la estadística descriptiva para cada variable evaluada; el software Minitab14.0 (Minitab, 2004) fue usado para estas determinaciones.

RESULTADOS

Análisis proximal

El contenido de humedad, cenizas, proteínas, grasa, carbohidratos, minerales y azúcares neutros se muestra en la Tabla 1. Los carbohidratos representaron el mayor contenido en la cascarilla de garbanzo, seguidos por proteína, humedad, cenizas y grasas. El contenido de fibra dietaria total fue de 78.8% siendo el principal componente polisacáridos no celulósicos (54.4%) seguido por la celulosa (24.4%).

El contenido de minerales encontrado en el presente estudio mostró en mayor proporción fue Ca, seguido por K y Mg (Tabla 2) con niveles de 9316, 7699 y 2799 ppm, res-

pectivamente, mientras que Fe y Zn minerales esenciales en la nutrición humana con se encontraron en concentraciones de 83 y 29 ppm, respectivamente.

La Tabla 2 muestra la composición de azúcares neutros en la cascarilla de garbanzo, siendo los mayoritarios arabinosa (26.83%), galactosa (25.48%) y glucosa (20.38%), seguidos por ramnosa (10.56%), xilosa (9.25%) y manosa (6.85%), mientras que el azúcar de menor concentración fue fucosa (0.64%).

Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

En la Tabla 3, se observa el contenido de compuestos fenólicos de la cascarilla de garbanzo. En fenoles totales la fracción libre presentó 1.50 mgEAC/g, mientras que el contenido de la fracción ligada fue de 0.11 mgEAC/g. En flavonoides totales el contenido de la fracción ligada y libre fue con 0.94 y 0.42 mgECat/g, respectivamente. En el contenido de taninos condensados la fracción libre y ligada arrojaron valores de 7.38 y 5.90 mgEAC/g, por lo que predomina la presencia de este grupo fenólico en la cascarilla de garbanzo. En cuanto a la capacidad antioxidante, la

TABLA 1. Composición química de cascarilla de garbanzo (g/100g)

Humedad	Cenizas	Proteínas	Grasa	Carbohidratos		
				FDT		Otros
2.0 \pm 0.0	1.3 \pm 0.0	4.9 \pm 0.0	0.4 \pm 0.0	Celulosa	PNC	
				24.4 \pm 0.01	54.4 \pm 0.0	

FDT: Fibra Dietaria Total; PNC: Polisacáridos No Celulósicos

TABLA 2. Composición de azúcares neutros y minerales de cascarilla de garbanzo

Azúcares Neutros (mg/100g)		Minerales (ppm)	
Ramnosa	1,864 \pm 48	Fe	83 \pm 6.1
Fucosa	113 \pm 5	Mn	117 \pm 8.3
Arabinosa	4,736 \pm 53	Zn	29 \pm 1.3
Xilosa	1,633 \pm 27	Cu	8 \pm 0.5
Manosa	1,209 \pm 19	K	7699 \pm 140
Galactosa	4,497 \pm 46	Ca	9316 \pm 210
Glucosa	3,597 \pm 26	Mg	2765 \pm 41

TABLA 3. Contenido total de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cascarilla de garbanzo (Fracción Libre + Fracción Ligada)

Compuestos Fenólicos		Capacidad Antioxidante		
FN ¹	FL ²	TC ²	DPPH ³	ABTS ³
1.61 \pm 0.07	1.36 \pm 0.05	13.28 \pm 0.26	5.16 \pm 0.35	19.49 \pm 0.39

FN: Fenoles Totales, FL: Flavonoides Totales, TC: Taninos Condensados
¹mgEAC/g, ²mgECat/g, ³ μmolET

cascarilla de garbanzo presentó niveles de 2.81 y 2.35 $\mu\text{molET/g}$ en la fracción libre y ligada, respectivamente en el método DPPH, mientras que por el método ABTS la capacidad antioxidante fue mayor, observando que la fracción libre fue mayor a la ligada con 12.97 y 6.52 $\mu\text{molET/g}$, respectivamente.

DISCUSIÓN

Bose y Shams-Ud-Din (11) reportaron para cascarilla de garbanzo Bengal-gram un contenido de 5.25 de proteína, 4.79 grasa y 4.79 ceniza (g/100g), donde la ceniza mostró una diferencia de 3.49 g con respecto a la obtenida en este estudio. La fibra dietaria total es uno de los componentes más importantes en las leguminosas y se clasifica en fracciones soluble e insoluble, incluyendo la primera gomas, mucilagos, pectinas y algunas hemicelulosas, mientras que la segunda se compone de celulosa, lignina, y el resto de las hemicelulosas son parte de la fracción insoluble. Khan et al. (12) reportaron contenidos de 22% de fibra dietaria total, 6.5% de celulosa y 2.7% de pectina para grano de garbanzo sin cascarilla, observándose una gran diferencia con el presente estudio, ya que la cascarilla del grano se constituye principalmente de estos componentes. Bose y Shams-Ud-Din (11) utilizaron cascarilla de garbanzo a diferentes concentraciones en la formulación de galletas tipo cracker biscuits y observaron un incremento del 2.58% en el contenido de fibra cruda. Los carbohidratos son una fuente nutritiva importante y son clasificados en monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos; Wood y Grusak (13) reportaron un contenido de carbohidratos en grano entero de garbanzo tipo Desi de 51-65%, mientras que para el tipo Kabuli el 54-71%.

Las leguminosas son una fuente importante de minerales indispensables para el organismo humano, dentro de los principales en la nutrición humana están el Ca, Fe y Zn. Sandberg (14) evaluó el contenido de minerales en grano entero de garbanzo y reportó valores de 69, 35, 1240, y 1550 ppm para Fe, Zn, Ca y Mg, respectivamente, siendo los niveles de Fe y Zn cercanos a lo encontrado en el presente estudio, sin embargo sus niveles de Ca y Zn son inferiores a nuestros resultados. La biodisponibilidad de minerales en leguminosas está relacionado con el contenido de ácido fítico ya que este tiene un efecto negativo en su absorción. En este sentido, Wang et al. (15) reportó para garbanzo tipo Kabuli

un contenido de 9.6 g/kg de ácido fítico el cual fue menor al compararlo con seis variedades de frijol con 12.2 g/kg en promedio, lo que sugiere que el garbanzo tiene mayor biodisponibilidad de minerales que el frijol, siendo este último la leguminosa la de mayor consumo en México.

Así mismo, en las leguminosas están presentes azúcares digeribles e indigeribles; en el grano entero de garbanzo han sido reportados azúcares libres (monosacáridos) como glucosa y galactosa en niveles de 700 y 50 mg/100g, respectivamente (16). En la determinación de los monosacáridos cuantificados para la cascarilla de garbanzo, arabinosa y galactosa se encuentran como componentes mayoritarios, lo que indica la presencia de arabinogalactanos y ramnogalacturonanos los cuales son componentes de las pectinas (17).

Los compuestos fenólicos ligados se encuentran interaccionando con las hemicelulosas presentes en la fibra dietaria mediante un enlace tipo éster, lo cual explica su mayor contenido en las fracciones ligadas sometidas a condiciones de alcalinidad durante su extracción, ya que bajo estas condiciones se lleva a cabo la ruptura de este enlace (18). Segev et al. (19) reportaron en cascarilla de garbanzo tipo Kabuli un contenido de fenoles totales entre 0.2-1.1 mgECat/g, mientras que Kanatt et al. (3) reportaron en cascarilla de garbanzo Bengal gram, fenoles y flavonoides totales un contenido de 70 y 10 mgECat/g respectivamente; la diferencia observada con estos autores se debe al método de extracción empleado, así como a las características propias del grano, principalmente el color de la cascarilla. Diversos estudios han empleado diferentes técnicas como el descascarillado del grano, germinado, remojo y molienda con la finalidad de disminuir el tiempo de cocción, mejorar el sabor, la biodisponibilidad de minerales, proteínas y otros nutrientes, sin embargo cabe resaltar que esta acción afecta considerablemente la pérdida de los compuestos fenólicos presentes en este material vegetal (20). Los taninos son un grupo de polifenoles solubles en agua, forman complejos con polisacáridos y proteínas. Éstos se clasifican en taninos hidrolizables y taninos condensados (21). Han y Baik (22) reportaron para el grano de garbanzo una actividad antioxidante por ABTS en la fracción libre y ligada de 1.5 y 0.5 $\mu\text{molET/g}$, respectivamente, los cuales están por debajo a lo obtenido en este estudio, con una diferencia del 11.47 y 6.02 $\mu\text{molET/g}$. Ziu-Ul-Haq et al. (23) reportaron para gar-

banzo tipo Desi un contenido de fenoles totales, flavonoides totales y taninos condensados de 0.92-1.12, 0.79-0.99 y 0.58-0.69 mg/g, respectivamente, que fueron más bajos a lo reportado en este estudio, aun que la actividad antioxidante por DPPH y ABTS reportada por estos autores fue de 1.05-1.24 y 37.24-45.32 $\mu\text{molTE/g}$, donde este último fue mayor a los obtenidos en este estudio.

CONCLUSIONES

La cascarilla de garbanzo tiene contenido de proteína considerable, un alto contenido de fibra dietaria total, además presenta contenidos elevados contenidos de Ca, K y Mg, así como de los azúcares arabinosa, galactosa, glucosa. Finalmente, también presenta contenidos elevados de compuestos fenólicos y altos niveles de capacidad antioxidante. Por estas características, la cascarilla de garbanzo puede considerarse con un buen valor nutritivo y funcional apto para mejorar la salud de los consumidores. También es posible considerar la cascarilla del garbanzo como una alternativa para potencializar la funcionalidad de otros alimentos.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT) 2015 de la Universidad Autónoma de Nuevo León por el financiamiento otorgado. A Rosabel Vélez de la Rocha y Werner Rubio Carrasco, por la asistencia técnica brindada.

REFERENCIAS

- De Almeida Costa GE, Da Silva Queiroz-Monici K, Pissini Machado Reis SM, Costa de Oliveira A. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chem.* 2006; 94(3), 327-330.
- Campos-Vega R, Loarca-Piña G, Oomah BD. Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Res Int.* 2010; 43(2), 461-482.
- Kanatt SR, Arjun K, Sharma A. Antioxidant and antimicrobial activity of legume hulls. *Food Res Int.* 2011; 44(10), 3182-3187.
- Tharanathan RN, Mahadevamma S. Grain legumes a boon to human nutrition. *Trends Food Sci Tech.* 2003; 14(12), 507-518.
- Scalbert A, Manach C, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2005; 45(4), 287-306.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr.* 2004; 79(5), 727-747.
- Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist International (AOAC). 1998; 16th Edition, 4th Revision. AOAC International Maryland, USA.
- Yemm EW, Willis AJ. The estimation of carbohydrates in plants extracts by anthrone. *Biochem J.* 1954; 57(3), 508-514.
- Urias-Orona V, Heredia JB, Muy-Rangel D, Niño-Medina G. Ácidos fenólicos con actividad antioxidante en salvado de maíz y salvado de trigo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios.* 2016; 3(7), 43-50.
- López-Contreras JJ, Zavala-García F, Urias-Orona V, Martínez-Ávila GCG, Rojas R, Niño-Medina G. Chromatic, phenolic and antioxidant properties of *Sorghum bicolor* genotypes. *Not Bot Horti Agrobo.* 2015; 43(2), 366-370.
- Bose D, Shams-Ud-Din M. The effect of chickpea (*Cicer arietinum*) husk on the properties of cracker biscuits. *J Bangladesh Agril Univ.* 2010; 8(1), 147-152.
- Khan AR, Alam S, Ali S, Bibi S, Khalil IA. Dietary fiber profile of food legumes. *Sarhad J Agric.* 2007; 23(3), 763-766.
- Wood JA, Grusak MA. Nutritional value of chickpea. In: Chickpea breeding and management. [Yadav SS, Redden R, Chen W, Sharma B editors]. Wallingford, UK: CABI International. 2007; 101-142
- Sandberg AS. Bioavailability of minerals in legumes. *Brit J Nutr.* 2002; 88(S3), S281-S285.
- Wang N, Hatcher DW, Tyler RT, Toews R, Gawalko EJ. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Res Int.* 2010; 43(2), 589-594.
- Sánchez-Mata MC, Peñuela-Teruel MJ., Cámara-Hurtado M., Díez-Marqués C, Torija-Isasa ME. Determination of Mono-, di-, and oligosaccharides in legumes by high-performance liquid chromatography using an amino-bonded silica column. *J Agric Food Chem.* 1998; 46(9), 3648-3652.
- Willats WGT, Knox JP, Mikkelsen JD. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends Food Sci Tech.* 2006; 17(3), 97-104.
- Kroon PA, Faulds CB, Ryden P, Robertson JA, Williamson G. Release of covalently bound ferulic acid from fiber in the human colon. *J Agric Food Chem.* 1997; 45(3), 661-667.
- Segev A, Badani H, Kapulnik Y, Shomer I, Oren-Shamir M, Galili S. Determination of polyphenols, flavo-

- noids, and antioxidant capacity in colored chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J Food Sci.* 2010; 75(2), S115-S119.
20. Oghbaei M, Prakash J. Effect of primary processing of cereals and legumes on its nutritional quality: a comprehensive review. *Cogent Food & Agriculture.* 2016; 2(1), 1-14.
 21. Han X, Shen T, Lou H. Dietary polyphenols and their biological significance. *Int J Mol Sci.* 2007; 8(9), 950-988.
 22. Han H, Baik BK. Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing. *Int J Food Sci Tech.* 2008; 43(11), 1971-1978.
 23. Zia-Ul-Haq M, Iqbal S, Ahmad S, Bhanger MI, Wiczowski W, Amarowicz R. Antioxidant potential of Desi chickpea varieties commonly consumed in Pakistan. *J Food Lipids.* 2008; 15(3), 326-342.

Recibido: 26-07-2016

Aceptado: 09-10-2016

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 sobrepasará 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 DECEMBER 2013**. Para una lectura completa de esta versión, los autores deben acudir al siguiente sitio: <http://www.icmje.org>