

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

VOL 63

JUNIO 2013

Nº 2

Contenido

Páginas

ARTÍCULOS GENERALES

An evaluation of a global vitamin and mineral nutrition surveillance system
Nancy Jennings Aburto, Lisa Rogers, Luz Maria De-Regil, Vipat Kuruchittham, Grace Rob, Raheel Arif, Juan Pablo Peña-Rosas. 105

Estado nutricional e ingesta alimentaria de poblaciones de regiones de altura del Noroeste Argentino
María Natalia Bassett, María Alejandra Gimenez, Dora Romaguera, Norma Sammán 114

PERSPECTIVA

At risk or not: Comparing normative and criterion-referenced Body Mass Index standards among Mexican American children
F de Heer, O Morea, M Warren, L Chaudhari, H D de Heer 126

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

Bioquímica Nutricional

Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) en individuos sanos.
Rosaura Zambrano, Marisela Granito, Yolmar Valero 134

Modificación de la glucemia en ayuno en adultos con diabetes mellitus tipo 2 después de la ingesta de refrescos de cola y de dieta en el Estado de Querétaro, México
Olalde-Mendoza Liliana, Moreno-González Yazmín Esmeralda. 142

Nutrición y Salud Pública

Prediabetes y diabetes sin asociación con obesidad en jóvenes mexicanos

*Juan Manuel Muñoz Cano, Juan Córdova Hernández,
Heidi Mayo, Xavier Boldo León* 148

Ingestión de calcio y adiposidad en adolescentes de 12 a 16 años en Guadalajara, México

*Gabriela Vargas-Hernández, Enrique Romero-Velarde, Edgar M. Vásquez-Garibay,
Bárbara Vizmanos-Lamotte, Rogelio Troyo-Sanromán* 157

Microbiología de Alimentos

***Arcobacter*: un patógeno emergente de origen alimentario**

Gerardo Calvo, María Laura Arias, Heriberto Fernández 164

Efecto bacteriostático y/o bactericida del xilitol sobre cultivos de *listeria monocytogenes*.

Morón de Salim Alba Rosa, Ramírez Mérida Luis Guillermo 173

Ciencia de Alimentos

Comparative efficiency of different methods of gluten extraction in indigenous varieties of wheat

*Samra Imran, Zaib Hussain, Farkhanda Ghaffoor, Saeed Ahmad Nagra,
Naheeda Ashbeal Ziai* 180

FE DE ERRATAS 189

INFORMACION PARA LOS AUTORES 190

Archivos Latinoamericanos de Nutrición

Official Publication of the Latin American Society of Nutrition

VOL 63

JUNE 2013

Nº 2

Contents

| | Pages |
|---|-------|
| GENERAL ARTICLES | |
| An evaluation of a global vitamin and mineral nutrition surveillance system <i>Nancy Jennings Aburto, Lisa Rogers, Luz Maria De-Regil, Vipat Kuruchittham, Grace Rob, Raheel Arif, Juan Pablo Peña-Rosas.</i> | 105 |
| Nutritional status and food intake of populations from high altitude regions of the Northwest of Argentina <i>María Natalia Bassett, Maria Alejandra Gimenez, Dora Romaguera, Norma Sammán</i> | 114 |
| PERSPECTIVE | |
| At risk or not: Comparing normative and criterion-referenced Body Mass Index standards among Mexican American children <i>F de Heer, O Morera, M Warren, L Chaudhari, H D de Heer</i> | 126 |
| RESEARCH PAPERS | |
| Nutritional Biochemistry | |
| Glycemic response to consumption of a cereals and legume (<i>Phaseolus vulgaris</i>) bar on healthy individuals. <i>Rosaura Zambrano, Marisela Granito, Yolmar Valero</i> | 134 |
| Modification of fasting blood glucose in adults with diabetes mellitus type 2 after regular soda and diet soda intake in the State of Querétaro, México <i>Olalde-Mendoza Liliana, Moreno-González Yazmín Esmeralda.</i> | 142 |

Nutrition and Public Health

| | |
|--|-----|
| Pre-diabetes and diabetes without association with overweight or obesity in Mexican youth <i>Juan Manuel Muñoz Cano, Juan Córdova Hernández,</i> <i>Heidi Mayo, Xavier Boldo León</i> | 148 |
|--|-----|

| | |
|---|-----|
| Calcium intake and adiposity in adolescents aged 12- 16 years in Guadalajara, Mexico <i>Gabriela Vargas-Hernández, Enrique Romero-Velarde, Edgar M. Vásquez-Garibay,</i> <i>Bárbara Vizmanos-Lamotte, Rogelio Troyo-Sanromán</i> | 157 |
|---|-----|

Food Microbiology

| | |
|---|-----|
| <i>Arcobacter</i>: un patógeno emergente de origen alimentario <i>Gerardo Calvo, María Laura Arias, Heriberto Fernández</i> | 164 |
|---|-----|

| | |
|---|-----|
| Bacteriostatic effect and/or xylitol bactericide of crops on <i>Listeria Monocytogenes</i> <i>Morón de Salim Alba Rosa, Ramírez Mérida Luis Guillermo</i> | 173 |
|---|-----|

Food Science

| | |
|--|-----|
| Comparative efficiency of different methods of gluten extraction in indigenous varieties of wheat <i>Samra Imran, Zaib Hussain, Farkhanda Ghafoor, Saeed Ahmad Nagra,</i> <i>Naheeda Ashbeal Ziai</i> | 180 |
|--|-----|

| | |
|----------------------|-----|
| ERRATUM | 189 |
|----------------------|-----|

| | |
|--------------------------------------|-----|
| INFORMATION FOR AUTHORS | 190 |
|--------------------------------------|-----|

An evaluation of a global vitamin and mineral nutrition surveillance system

Nancy Jennings Aburto, Lisa Rogers, Luz Maria De-Regil, Vipat Kuruchittham, Grace Rob, Raheel Arif, Juan Pablo Peña-Rosas

Evidence and Programme Guidance, Department of Nutrition for Health and Development,
World Health Organization, Switzerland.
College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University, Thailand

SUMMARY. Evaluation at all levels is a fundamental function at World Health Organization (WHO). Evaluation of public health surveillance systems is essential to ensure that problems of public health importance are monitored efficiently and effectively. The WHO's Vitamin and Mineral Nutrition Information System (VMNIS) was evaluated from the perspective of public health surveillance and informatics. Steps included: engaging the stakeholders of the evaluation; describing the surveillance system; focusing the evaluation design; gathering credible evidence regarding system performance; justifying and stating conclusions and recommendations, and sharing lessons learned from the evaluation. Following this assessment, WHO has begun major efforts to upgrade and expand the VMNIS and now the database is more flexible and efficient. The database evaluation summarized in this paper provides a good example of how public health evaluation frameworks can lead to improved surveillance and enhanced information systems, thus making progress toward the ultimate goal of improving public health.

Key words: Vitamins and minerals, nutritional status, surveillance system, public health.

RESUMEN. Evaluación de un sistema global de vigilancia nutricional sobre vitaminas y minerales. La evaluación en todos los niveles es una función fundamental en la Organización Mundial de la Salud (OMS). La evaluación de los sistemas de vigilancia epidemiológica es esencial para asegurar que los problemas de importancia para la salud pública sean monitorizados de manera eficiente y efectiva. El Sistema de Información Nutricional sobre Vitaminas y Minerales (VMNIS, por sus siglas en inglés) se evaluó desde la perspectiva de sistema de vigilancia e informática en salud pública. Los pasos incluyeron: el involucramiento de las partes interesadas en la evaluación, la descripción del sistema de vigilancia, el enfoque del diseño para la evaluación, la recopilación de pruebas fiables sobre el rendimiento del sistema, la justificación y desarrollo de conclusiones y recomendaciones, y la disseminación de las lecciones aprendidas de la evaluación. Después de este proceso, la OMS inició importantes esfuerzos para mejorar y ampliar el Sistema de Información Nutricional sobre Vitaminas y Minerales para lograr una base de datos más flexible y eficiente. Este artículo resume la evaluación de esta base de datos para documentar un buen ejemplo de cómo los marcos de evaluación en salud pública pueden llevar a mejorar la información en los sistemas de vigilancia contribuyendo de esta manera al objetivo final de mejorar la salud pública.

Palabras clave: Vitaminas y minerales, estado nutricional, sistema de vigilancia, salud pública

INTRODUCTION

Evaluation is an essential function at WHO, carried out at all levels of the Organization. It ensures accountability and oversight for performance and results, and reinforces organizational learning in order to inform policy for decision-makers and support individual learning (1). Public health surveillance is the ongoing, systematic collection, analysis, interpretation, and dissemination of data regarding a health-related event for use in public health action to reduce morbidity and mortality and to improve health (2). Such data are used to measure the bur-

den and distribution of disease or risk factors, for identification of populations at risk, or for immediate public health action. Public health information systems are integrated systems for collecting, compiling and disseminating information with the goal of providing a seamless sharing of knowledge to improve public health. Evaluation of public health surveillance systems is essential to ensure that problems of public health importance are being monitored efficiently and effectively.

The WHO Vitamin and Mineral Nutrition Information System (VMNIS) is a surveillance system established in response to the World Health Assembly's call to strengthen the global surveillance of vitamin and mineral deficiencies (3), which affect almost a third of the population worldwide. The

VMNIS is managed by Department of Nutrition for Health and Development in WHO. It has served to guide the planning, implementation, and evaluation of public health programmes to prevent and control vitamin and mineral deficiencies worldwide. However, its performance and usefulness have declined recently as stakeholders' needs and expectations have increased in parallel to their access to information technology, and better knowledge of epidemiology. Therefore, an assessment of the epidemiological and informatics aspects of the VMNIS was conducted to identify opportunities to make the VMNIS a more efficient, comprehensive, and user-friendly surveillance system.

MATERIALS AND METHODS

This evaluation was conducted by two authors (NJA and VK) and included the public health surveillance perspective (NJA) and the public health informatics perspective (VK). The assessment of the VMNIS from a public health surveillance perspective used guidelines developed by the U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (4). This six-step evaluation process included: a) engaging stakeholders of the surveillance system in the evaluation, b) describing the surveillance system, c) focusing the evaluation design, d) gathering credible evidence regarding the performance of the surveillance system, e) justifying and stating conclusions and making recommendations, and f) sharing lessons learned from the evaluation.

Stakeholders engagement

We identified stakeholders through interviews with VMNIS staff and then invited them to participate in the evaluation of VMNIS through in-depth interviews and through an electronic self-administered questionnaire.

Description of the surveillance system

The VMNIS was described by reviewing publicly available online materials, operational manuals, documents and publications developed using data from the surveillance system, interviewing staff and directly observing staff managing the system from data collection to online data dissemination. The focus of the evaluation was decided through structured qualitative interviews and direct observation of the management of the VMNIS and through consensus building with the VMNIS staff and key stakeholders.

Evaluation design- public health surveillance's perspective

To gather credible evidence regarding the performance of VMNIS from a public health surveillance perspective, the system attributes of simplicity, flexibility, data quality, acceptability, sensitivity, positive predictive value, representativeness, timeliness, and stability were described (Table 1).

Its usefulness was evaluated through the administration of a web-based questionnaire to stakeholders identified as potential users of VMNIS in step 1 of the evaluation process. The questionnaire was also sent to those who had previously enquired about the VMNIS databases and to representatives of select departments within WHO and external international partners. The WHO Regional Offices were also involved in this exercise and forwarded to Member States a link to the questionnaire posted on the WHO website.

The questionnaire focused on the use of the information provided through the VMNIS and probed the aspects of the data that are most valuable. It also aimed to gather information on beneficial changes that could be recommended for the VMNIS. Questions gauged the extent to which VMNIS was contributing to the prevention and control of vitamin and mineral deficiency, including increasing the understanding of these deficiencies.

Evaluation design- public health informatics' perspective

To gather credible evidence regarding the VMNIS from an informatics perspective, we observed staff management and use of the VMNIS databases. We assessed the tools and the database structure and platform used in data management, and reviewed the standard operating procedures for managing the VMNIS database. Additionally, we interviewed VMNIS staff and other key stakeholders to better understand the entire data management process including data collection, analysis, interpretation, and dissemination as well as to identifying opportunities to display the data in a friendly manner.

RESULTS

1. Engagement of stakeholders

Numerous individuals, units, departments and clusters within WHO and more than ten external organi-

zations were identified as stakeholders. Internal stakeholders were engaged through face-to-face interviews with thirteen individuals and phone interviews with two individuals. A total of 99 individuals invited to participate completed at least some part of the questionnaire previously described.

TABLE 1. Attributes assessed in evaluation with their definition and the method of assessment

| Attribute | Definition | Method of assessment |
|--------------------|--|---|
| Simplicity | Ease of operation and understandability to managers | Consider staff training and skills requirements, complexity of methods for data collection, analysis and dissemination |
| Flexibility | Ability to adapt to changing information needs or operating conditions | Evaluate the system's response to new demands |
| Data quality | Completeness and validity of the captured data | Review methods of data collection, data classification and steps taken to optimize quality |
| Acceptability | Willingness of persons and organizations to participate in the surveillance system | Review and summarize the interaction between the system and its participants evaluate response rates |
| Sensitivity | Measure of truly positive persons detected to be positive | Calculate with example of variables collected in the surveillance system |
| PVP | Measure of the extent to which those detected as being positive are truly positive | Calculate with example of variables collected in the surveillance system |
| Representativeness | Completeness in describing all sectors of the population under surveillance | Compare the number of persons (total and by subgroup) covered by data in surveillance system to number in population |
| Timeliness | Ability to provide results in a sufficiently short time span to ensure relevance of data | Compare the average time spent in collecting, extraction and publishing data to the needs of the stakeholders |
| Stability | Ability to avoid failure and operate when needed | Evaluate the ability to collect, manage and provide data over time with special emphasis of ability during times of challenge |

2. Description of the VMNIS

The aim of the VMNIS is to monitor the global prevalence of vitamin and mineral deficiencies (2). Components of the WHO's mandate addressed through the VMNIS are: 1) assess the vitamin and mineral status of populations worldwide, 2) monitor and evaluate the impact of strategies for the prevention and control of vitamin and mineral malnutrition, and 3) track related trends over time. The assessment of vitamin and mineral status is conducted by national health authorities, WHO country and regional offices, and international partners. Data from these assessments, disseminated through reports or peer-reviewed manuscripts, are

TABLE 2. Indicators collected in VMNIS databases

| Nutrient | Indicator | | |
|-----------|---------------------------------------|---|--|
| | Concentration | Prevalence | Age group |
| Vitamin A | Serum retinol (mean+ SD) | Vitamin A deficiency | Preschool-age children, |
| | | Ocular lesions* Night blindness | School-age children, Pregnant women, Non-pregnant women |
| Iodine | Urinary iodine (median) | Goiter | All adults |
| | | Grade 1 goiter | Preschool-age, School-age children, children, |
| | | Grade 2 goiter Total goiter prevalence | All women, All adults |
| Anaemia | Haemoglobin concentration (mean + SD) | % population with urinary iodine < 100 µg/L | School-age children, Preschool-age children, Women, All adults, Pregnant women, Elderly |
| | | Anaemia | Preschool-age children, Pregnant women, Non-pregnant women, All adults Elderly |

*current night blindness, previous night blindness, conjunctival xerosis, Bitot's spots, corneal xerosis, corneal ulceration/keratomalacia < 1/3, corneal surface, corneal ulceration/keratomalacia > 1/3 corneal surface, corneal scar

compiled and stored in the VMNIS. The goal of the data compilation is to identify public health problems of nutritional deficiency, track changes over time, and appropriately direct the public health responses.

At the time of the evaluation, the VMNIS was composed of multiple databases. Each database contained information on numerous indicators of one nutrient deficiency: anaemia (iron), vitamin A, or iodine (Table 2).

The management and uses of the VMNIS databases are illustrated in Figure 1. Data extracted from reports and publications onto either a written data extraction sheet or into an electronic spreadsheet were entered through an electronic database application disaggregated by age group, administrative level, sex, location (urban versus rural), and physiological status (pregnant, non-pregnant, lactating, non-pregnant non-lactating). Once the databases were updated with new data, reports were generated in portable document format (PDF) and uploaded to the WHO website (<http://www.who.int/vmnis/en/>) for public access.

Some data from the VMNIS database (e.g., prevalence of vitamin A deficiency in pre-school aged children, night blindness in women, and anaemia in both women and children) are shared with the Nutrition Landscape Information System (NLIS), an interactive platform through which a user can query by country and obtain information on a number of diverse indicators of nutritional status (5).

The VMNIS staff and other stakeholders periodically exported and analyzed data from the VMNIS databases using separate data management software. They then generated reports on the data available by country or used the data for other analyses to be presented in the peer-reviewed literature. WHO headquarters would generate draft prevalence reports and verify the data with Member States prior to disseminating final global prevalence estimates. WHO would then make final reports available to the public on the WHO website.

3. Focus the evaluation

With consensus of the VMNIS staff and other key stakeholders, we focused the evaluation on the performance of the VMNIS relative to its ability to complete its stated objectives. This focus was designed to provide the most useful information for improving the VMNIS for more efficiently fulfilling its mandate.

4. Collect credible evidence regarding system performance

a. Simplicity

At the time of the evaluation, data from each of the 193 WHO Member States were organized alphabetically. Though Member States often had numerous nutritional surveys, the relatively small number of entries made the VMNIS simpler to manage than if there were many more Member States and surveys. VMNIS staff summarized the data in electronic spreadsheets, which were easily disseminated.

Determining if data should be included in the databases and data extraction were simple tasks; however they required epidemiological exper-

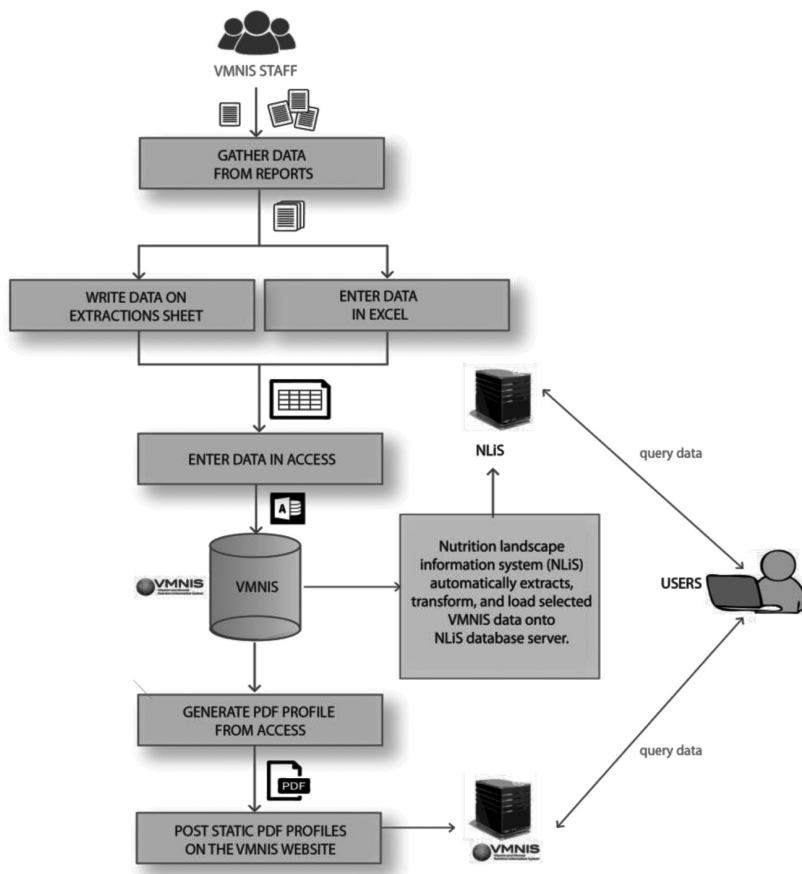


FIGURE 1. Management and uses of the VMNIS databases.

tise. The multi-step process of extracting data to paper or electronic spreadsheets and then inputting those data into the electronic databases make the process of data entry more complex than if data were entered directly into the electronic databases. Additionally, the data entry process was further encumbered by the data entry screens of the database application not matching the data extraction sheets. For each vitamin and mineral there was a data extraction and entry outline comprised of some components of a data dictionary and some components of a procedure manual. Experienced staff had to provide extensive training and mentoring to any new staff supporting the databases.

b. Flexibility

The databases were moderately flexible; however, more flexibility in terms of indicators to include could be beneficial. The database application was flexible enough to add new variables, but the task required hiring a computer programmer to modify the application. If a variable had not been initially extracted, VMNIS staff had to revisit original reports to re-extract and then enter data, a time consuming process.

c. Data quality

VMNIS staff made a classification for data quality according to whether the data was extracted from published, peer-reviewed manuscripts or final reports from Member State or organizations or whether the data were incomplete or obtained from draft reports. These latter remained pending until the original reports were finalized or published as peer-reviewed manuscripts. The data quality classification did not consider collection or survey sampling methods. Nonetheless, VMNIS staff followed well established procedures to optimize data quality. They included in the databases only results from indicators measured with specific, predefined, valid methods; results from surveys with representative sampling methodology that was adequately explained in the report or publication; results from biological indicators measured with specific, predefined high quality laboratory methods; results from vitamin and mineral deficiencies prevalence estimates confirmed and cleared by Member States.

Some weaknesses related to data quality were:

1. No clear procedures to systematically double-check data entered, which could lead to typing or similar types of errors.

2. No data entry restrictions, which allowed implausible numbers.
3. No collection of raw data, which makes difficult to deal with inconsistent definitions of age groups and cut-points for defining deficiencies across data. Differing definitions for age groups and cut-points lessen the ability to compare countries, establish a baseline, look at trends within a county, and compare data to standards.

d. Acceptability

The acceptability of data inclusion into the database was high. The response rate to staff requests for information was approximately 50-60%. After health and nutrition surveys were completed in Member States, VMNIS staff actively collected the data for the VMNIS database. Because of the active surveillance, compiling data into the VMNIS required little additional effort on the part of Member States, regional offices, or partner agencies and no additional effort on the participants. However, it is worth noting that the execution of a survey with nutritional indicators is a difficult, time consuming, and costly endeavor. The collection of biological data often requires a cold-chain and highly skilled field workers, both of which are often lacking in resource-poor settings and may have low response rate from survey participants.

e. Sensitivity and positive predictive value

The sensitivity of the VMNIS relied on the precision of the methods used to measure the biological indicators in the field and the laboratory during the executive of the nutrition survey. For example, the haemoglobin cut-off for defining anaemia in pregnant women is 110 g/L and 120 g/L in non-pregnant women. Therefore, aggregation of results from pregnant and non-pregnant women, 1) increases the number of false positives (number of women detected as anaemic who are not anaemic); 2) decreases the positive predictive value; and, 3) causes an overestimation of the prevalence of anaemia in women.

The inconsistency in the data received from Member States results in an important problem for sensitivity, positive predictive value and the quality of the global estimates of vitamin and mineral deficiency. However, if only those surveys with no limitations

were used to prepare global estimates, there would be very few data from which draw estimates. Though, there is heterogeneity in research and survey methods to collect data on vitamin and mineral deficiencies, VMNIS accepts some degree of decrease in data quality caused by this heterogeneity in order to compile data at the global level.

f. Representativeness

The representativeness of the VMNIS varied by nutrient, nutritional indicator, and by each target group. Indicators of the representativeness of the VMNIS were the percentage of each target group covered by the data in the database, and of the population in a WHO geographical region covered by the data (Table 3).

g. Timeliness

Many months or even years sometimes passed from data collection in the field to WHO receiving a report with data to enter into the database. If staff must extract data from published peer-reviewed manuscripts, the time lag from data collection to VMNIS obtaining the data could be even longer. Data extraction and data entry take from a few minutes in the case of very small reports or reports with very little vitamin and mineral information to many hours for large reports to many days or weeks if follow-up with the Member States is required. The time needed for data extraction and entry is dependent on available human resources.

h. Stability

There are a number of characteristics of the

TABLE 3. Percentage of population and number of countries in each WHO region with data on anaemia, urinary iodine and serum retinol from national or subnational surveys in preschool-age children

| WHO region | Anaemia | | Urinary iodine | | Retinol | |
|-----------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| | Percentage of population | No. countries | Percentage of population | No. countries | Percentage of population | No. countries |
| Africa | 76.4 | 26 | 90.7 | 34 | 78.8 | 24 |
| Americas | 76.7 | 16 | 90.6 | 20 | 49.8 | 16 |
| South-East Asia | 85.1 | 9 | 98.8 | 9 | 82.4 | 6 |
| Europe | 26.5 | 12 | 86.8 | 38 | 17.8 | 5 |
| Eastern Mediterranean | 67.4 | 11 | 83.4 | 15 | 58.4 | 6 |
| Western Pacific | 90.4 | 10 | 91.8 | 10 | 99.8 | 10 |

Sources: (6-8)

TABLE 4. Strengths and limitations of the stability of the VMNIS

| Strengths | Limitations |
|--|---|
| Surveillance is a mandate of WHO | Depends on continued data collection from other organizations |
| Grew from World Health Assembly request | Large workload for maintenance |
| Acceptable to Member States | Staff turnover disruptive |
| Of interest to a wide range of stakeholders internal and external to WHO | Continued funding and personnel dedicated to VMNIS required |

VMNIS that strengthened its stability; however, there is some room for improvement (Table 4). The most important factor for the stability of the VMNIS is the dedication of personnel time and resources for its existence. The stability of the VMNIS is linked to its usefulness. As long as stakeholders consider the VMNIS useful, it is possible to find the resources necessary for its maintenance.

i. Usefulness

Stakeholders pointed out several characteristics that could improve the usefulness of the VMNIS. The feature most frequently cited on the questionnaire as desirable was the availability of country nutritional profiles (59%), ability to query the database by population group, so that precise data could be extracted from the VMNIS (47%), the provision of data in a downloadable electronic spreadsheet format (47%), the ability to select survey information by year (46%), and the ability to download prevalence estimates based on empirical data (45%). Additional vitamins and minerals of interest cited by stakeholders included folate (60%), iron (55%), zinc (49%), and vitamin B12 (39%). Nineteen percent of questionnaire respondents reported an interest in “other” vitamins or minerals with vitamin D being the most commonly reported “other” nutrient. Stakeholders were divided into those who have used the data from VMNIS and those who have not and both groups showed a high interest (66% and 74% respectively) in national level data and much fewer showed an interest in local-level data (less than 25% in both groups).

The electronic database application was originally developed in 1998, and before that time, data were collected and stored in a simple electronic spreadsheet table. The development of the electronic database application allowed for local access within the WHO computer network and was an appropriate technological advance at that time for the purposes of the VMNIS. Nonetheless, given more recent advances in technology and the needs of stakeholders, the electronic database application could benefit from an upgrade. Such an upgrade would allow the VMNIS database application to be redesigned to meet stakeholders’ needs.

Stakeholders acknowledged that WHO plays an important, and unique, role in maintaining global surveillance of vitamin and mineral deficiency through the VMNIS. Stakeholders noted that the data in

VMNIS could be used for different purposes including advocacy, targeting of resources at a global level, monitoring progress over time, understanding the global burden of disease, and making country and regional comparisons.

5. Evaluation recommendations

The VMNIS addresses the important public health problem of vitamin and mineral deficiencies. It is the only surveillance system in the world monitoring the global prevalence of vitamin and mineral status in populations.

The following recommendations summarize the main findings of the evaluation:

1. Update the objectives of the database and focus activities on completing those objectives to reflect the capabilities and priorities of the system.
2. Consider collecting and archiving raw data in order to increase data quality, sensitivity and positive predictive value, flexibility, and usefulness of the VMNIS. This collection will require a change in data management, aligned with assessment of feasibility of time, personnel, and financial resources. Implications on acceptability to those collecting data and timeliness require further investigation.
3. Send standard templates to Member States and partners to report results of surveys. WHO staff has considered using standard templates for data collection and have used them to a small degree.
4. Only archive data from national and first administrative-level surveys. Archiving fewer surveys increases the simplicity of the system and improves timeliness by allowing staff to concentrate their time on managing the data that are of most interest for decision making by Member States and their stakeholders.
5. Upgrade the electronic database application to incorporate recent advances in information technology. An upgraded application could enable additional vitamins and minerals (e.g., folate, iron, and zinc) to be added to the VMNIS database and improve the quality assurance procedures.
6. Ensure use of evaluation findings and share lessons learned.

We conducted a round table discussion with members of interested parties to share lessons learned from the evaluation. We also shared the findings in the form of a draft report that was circulated among the Evidence and Programme Guidance Unit and the leadership of the Department of Nutrition for Health and Development. These results are being used to update and improve the vitamin and mineral database of the VMNIS and strengthen the global surveillance of vitamin and mineral status in populations.

DISCUSSION

Following the evaluation, WHO invested in upgrading and expanding the databases into a more comprehensive information system.

The upgrade of the VMNIS Micronutrients Database occurred in three phases. Phase I was database restructuring and was completed in 2011. With the goal of a more efficient database that exploited new innovations in information technology, and included more nutritional indicators, the database was re-structured with three levels of users: editor, approver and administrator. Only surveys representative at least at the 1st administrative level (i.e. state, canton, province) where the sample is population-based, household-based, or facility based, the sample is cross-sectional and uses standard, validated data collection techniques and laboratory methodology are eligible for inclusion. The focus for data entering switched from a nutrient to survey- approach, allowing the extraction of all information relevant to micronutrients from each survey included and extracted into the database. To minimize error, UN or WHO regions, name of first administrative unit in a country, measurement unit conversions, and laboratory methods available are now automatically displayed. New indicators and cut-off values can be added or changed only by the administrator. A quality control system allows validation of the data entered before it is displayed in the database. Data can be entered from outside the WHO internal environment when permission is granted.

Phase II was data migration and population of the new database structure. This phase aimed to transfer the data available in the VMNIS databases on anaemia, vitamin A deficiency and iodine deficiency to the upgraded VMNIS Database. As the new platform included more stringent inclusion criteria and also the

extraction of additional data, the migration was not possible and the screening and extraction had to be repeated. Out of the existing 3500 entries, only approximately 950 complied with the new inclusion criteria. Additional data not previously noted were extracted and entered into the VMNIS database. A digital repository of all the surveys and communications previously identified was completed in 2012. The current search strategy includes a retrieval of all published literature through a structured search of PubMed and also includes contacting WHO Regional Offices, other UN agencies, and other partner organizations to solicit information on nutrition, micronutrient and health surveys. The systematic search will be repeated yearly to maintain the database up-to-date.

Phase III, the redesign of the dissemination platform, has been completed. The redesign of the dissemination platform allows the end-user to query and export data by country, micronutrient, indicator, age group, physiological status, and year. The end-user can also generate tables and graphs in addition to seeing the prevalence and distribution of information. Once a survey has been validated by the approver the data are available to the end-user via internet.

CONCLUSION

The VMNIS is now more flexible and efficient and has taken greater advantage of updates in information technology since its inception in 1991. Other improvements taking place will make the VMNIS more successful in reaching its objectives of monitoring and evaluating the vitamin and mineral status of populations and will provide tools and resources to support the assessment of the global vitamin and mineral nutritional status. The VMNIS provides a good example of how evaluation of surveillance systems can lead to improved surveillance and enhanced information systems, thus making progress toward the ultimate goal of improving public health.

ACKNOWLEDGEMENTS

This evaluation was conducted in 2009 by technical staff (NJA and VK) from the US Centers for Disease Control and Prevention (CDC) upon request of the Department of Nutrition for Health and Development. Nancy Jennings Aburto was an Epidemiology Intelligence Service officer with the International Micronu-

trient Malnutrition Prevention and Control Program (IMMPaCt) team and Vipat Kuruchittham was a fellow in the CDC Public Health Informatics Fellowship Program. This paper summarizes the findings of the evaluation, the recommendations and actions that led to the upgrade and expansion of the vitamin and mineral nutrition surveillance system. We would like to thank the following individuals for their support in this evaluation: Francesco Branca, Shelley McKenna, Jonathan Siekmann, Monika Bloessner, Ann-Beth Moller, John Shannon, Colin Mathers, John Rawlinson, and Carla Abou-Zahr. The authors would like to acknowledge Paule Pillard, Akaki Lekiachvili, Mike Coss, and Rafael Flores-Ayala. Technical support was received from the U.S. Centers for Disease Control and Prevention, especially Mary Serdula from the Division of Nutrition, Physical Activity, and Obesity and the Office of Informatics and Information Resources Management at the National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.

Disclaimer: Nancy Jennings Aburto, Luz Maria De-Regil, Juan Pablo Peña-Rosas, Grace Rob and Lisa Rogers are currently staff members of the World Health Organization (WHO). The authors alone are responsible for the views expressed in this publication and they do not necessarily represent the decisions, policy or views of the World Health Organization.

REFERENCES

1. WHO. Evaluation policy. Office of Internal Oversight Services (IOS). Geneva: World Health Organization, 2012. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB131/B131_3-en.pdf
2. Teutsch SM, Churchill RE, eds. Principles and practices of public health surveillance. 2nd ed. New York, NY: Oxford University Press, 2000.
3. WHA. Resolution WHA45.33. National strategies for prevention and control of micronutrient malnutrition. In: *Forty-fifth World Health Assembly, Geneva, 4-14 May 1992. Volume III. Resolutions and decisions*. Geneva: World Health Organization, 1992.
4. Centers for Disease Control and Prevention. Updated guidelines for evaluating public health surveillance systems: recommendations from the guidelines working group. *MMWR* 50; 2001;(No.RR-13): 1-34.
5. WHO. Nutrition Landscape Information System (NLIS) Country Profile Indicators; Geneva: World Health Organization 2010. [Online] Available from: <http://www.who.int/nutrition/nlis/en/index.html> [Accessed: May 5, 2013].
6. WHO. Iodine status worldwide. WHO Global Database on Iodine Deficiency. Geneva: World Health Organization, 2004;1-48.
7. WHO/CDC. Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005. WHO Global Database on Anaemia. Geneva; World Health Organization; 2008;1-40.
8. WHO. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005. WHO Global Database on Vitamin A Deficiency. Geneva; World Health Organization; 2009; 1-54.

Recibido: 10-07-2013
Aceptado: 10-08-2013

Estado nutricional e ingesta alimentaria de poblaciones de regiones de altura del Noroeste Argentino

María Natalia Bassett, María Alejandra Gimenez, Dora Romaguera, Norma Sammán

Instituto Superior de Investigaciones Biológicas - Departamento Bioquímica de la Nutrición. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, UNT-CONICET. Tucumán, Argentina. Centro de Investigación de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy, Argentina. Departamento de Epidemiología y Salud Pública de Imperial College of London. UK

RESUMEN. El objetivo del trabajo fue estudiar el estado nutricional y la ingesta de alimentos de poblaciones andinas del Noroeste de Argentina. Se realizó una encuesta nutricional a una muestra representativa de las poblaciones de altura del noroeste de Argentina. Se tomó mediciones antropométricas, se registró la ingesta de alimentos a través de un recordatorio de 24h y un cuestionario de frecuencia de consumo. El retraso del crecimiento (talla para la edad según $Z < -2$ desviaciones estándares) fue el principal problema nutricional en los niños y adolescentes de la Puna y Quebrada. Mientras que el sobrepeso y la obesidad, evaluado a través de IMC $>$ percentil 85 y 95 respectivamente, fueron los principales problemas nutricionales en los adolescentes de los Valles de altura. Las poblaciones adultas presentaron alta prevalencia de sobrepeso y obesidad, de acuerdo al IMC medio determinado. La composición típica del plato principal de toda la región tiene una base de arroz, pasta, harina de trigo o maíz que puede ser acompañada por tubérculos o huevos, o pocas hortalizas y carne de vaca o de llama. Este plato varía poco de un día para otro, constituyendo una dieta monótona, con alto consumo de azúcares (bebidas azucaradas y dulces) y cereales refinados. Estos resultados sugieren que estas poblaciones estarían en etapas tempranas de transición nutricional y podrían ser el punto de partida para fomentar consumos de alimentos más saludables y una dieta menos monótona. Sería recomendable reincorporar productos autóctonos de la región.

Palabras clave: Estado nutricional, ingesta alimentaria, poblaciones de altura

SUMMARY. **Nutritional status and food intake of populations from high altitude regions of the Northwest of Argentina.** The purpose of this work was to study the nutritional status and food intake of Andean populations of Northwest of Argentina. A cross-sectional nutritional survey was carried out in representative samples of populations of highland from Argentina. Also anthropometric measurements, a food intake, a semi-quantitative food frequency questionnaire were performed and recorded. Stunting (height-for-age Z-score < -2 standard deviations) was the main nutritional problem in children and adolescents in the area of Puna and Quebrada regions. While overweight and obesity, evaluated by BMI $>$ 85th and 95th percentile respectively, were the main nutritional problems among adolescents in the Valleys. Adult populations showed higher prevalence of overweight and obesity according to BMI determined. These are important risk factors for cardiovascular and chronic diseases. Usually the typical composition of the main food dish of regions has a base of rice, pasta, flour or corn, accompanied by tubers or eggs, or a few vegetables and beef. This dish varies little from one day to another, constituting a monotonous diet with a high intake of sugar (sugary drinks and sweets) and refined grains. Results suggest that these populations would be in early stages of nutritional transition and could be the starting point to promote them healthier food consumption and a diet less monotonous. It would be recommendable reincorporate native products of the region.

Key words: Nutritional status, food intake, populations of height regions

INTRODUCCIÓN

La zona de altura (cordillera y pre-cordillera) del noroeste argentino incluye regiones con altitudes entre 1500 y 4500 msnm y se unen por la ruta al pie de los nevados cordilleranos. Abarca dos circuitos que en la actualidad se promueven turísticamente, estos son los Valles de Altura (Valles Calchaquíes) y La Puna. La zona denominada Quebrada de Hu-

mahuaca es intermedia y une las dos mencionadas anteriormente.

La población de toda la región de Altura es en gran parte descendiente de indígenas de distintas etnias del noroeste de Argentina y Bolivia (Diaguitas, Cochinchucas, Omaguacas, Atacamas, Quechua y Aimara). Esa región ha sido siempre un cruce de caminos para la comunicación económica, social y cultural (1). Tanto La Quebrada de Humahuaca como los Valles

son montañosos, extensos y fértiles, mientras que La Puna, por la mayor altura, se caracteriza por sus tierras áridas y duras; condiciones climáticas con gran amplitud térmica diaria y temperaturas invernales de hasta -20°C , escasa humedad relativa y precipitaciones entre 20 y 100 mm anuales (2).

En la Puna la población actual es escasa y se encuentra dispersa. Las condiciones de vida son las propias de ambientes muy extremos. Los servicios de salud se limitan a la existencia de un puesto sanitario con visitas periódicas de un médico y un enfermero. La zonas de Quebrada y Valles, tiene mayor población, y a pesar de tener una gran afluencia turística, poseen situaciones socioeconómicas restrictivas y escasos o deficientes medios de comunicación, que se reducen a caminos de tierra y con baja frecuencia de transporte público (3). Ante esta situación los pobladores tratan cubrir sus necesidades alimentarias con producciones de subsistencia de papa, habas, maíz, cría de caprinos, ovinos y en menor grado, bovinos. El pastoreo de ovejas, cabras y llamas son las principales actividades económicas. La agricultura está limitada a cultivos de subsistencia para la familia (4).

Los países de Latinoamérica, entre ellos Argentina están experimentando un proceso de transición tanto a nivel epidemiológico como nutricional, asociado al rápido proceso de urbanización y crecimiento económico. Estas transiciones implican cambios importantes en el patrón de consumo, de actividad física lo que puede influir en la composición corporal e incidencia de enfermedades asociadas a la nutrición (5). Esto contrasta con las poblaciones de altura que también se encuentran en proceso de transición nutricional pero las razones son otras. La vulnerabilidad e inseguridad alimentaria podría atribuirse a sus limitaciones al acceso y consumo de alimentos. Esto marca otro hecho característico de la transición alimentaria argentina cual es la gran heterogeneidad existente entre las variables indicativas de la situación alimentario nutricional de las diferentes regiones del país. La suma de todos estos elementos dificulta la identificación de la importancia relativa de cada uno de los factores sobre los estados mal nutritivos que frecuentemente se observan en las comunidades de regiones de altura del NOA (3). Por todo lo previamente descrito, el objetivo de este trabajo fue estudiar el estado nutricional y la ingesta de alimentos de la población de altura del noroeste de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo es un estudio transversal realizado en muestras representativas por región de la población de la altura del NOA de Argentina. Las encuestas las realizaron docentes y alumnos de las Universidades Nacionales de Tucumán y Jujuy (UNT y UNJu). Los encuestadores fueron entrenados previamente sobre metodología para encuestar y mediciones antropométricas; previamente se realizó un estudio piloto para comprobar la validez de la encuesta.

Plan de muestreo: población

La técnica de muestreo fue estratificada, bietápica según localidad y aleatoria por casas, siendo la unidad primaria del muestreo el municipio y las comunas municipales, y la última los individuos encuestados. Incluyó a todos los habitantes de las regiones seleccionadas. Se seleccionaron 3 regiones con diferentes altitudes. Las regiones fueron: Valles de Altura, Quebrada de Humahuaca y Puna.

El tamaño de la muestra teórica se fijó en 600 familias, integradas por 1.800 personas para las regiones de los Valles de Altura, la Puna y Quebrada. Se consideró solo individuos mayores de 2 años que no fueran mujeres embarazadas ni nodrizas. Se fijaron estos tamaños de muestras teóricas para obtener una precisión específica relativa del 5% (error tipo I = 0,05; error tipo II = 0,10) y con el fin de paliar el efecto de las no respuestas; la muestra se aumentó un 20% para tener una proporción de participación esperada del 70%. Las visitas se realizaron junto a un Agente Sanitario.

Encuestas

Se llevó a cabo durante mayo a diciembre de 2006, en las regiones de Puna y Quebrada y en la región de los Valles durante mayo a septiembre del 2008. Los cuestionarios se administraron homogéneamente de lunes a domingo. Los integrantes de las familias presentes en la casa en el momento de la entrevista respondieron al cuestionario dietético.

La encuesta estuvo dividida en 2 partes: i) Una común a todos los individuos del hogar, recolectó información general del hogar, condiciones socioeconómicas, educativas del jefe de hogar, seguridad alimentaria y acceso a la salud. ii) La segunda parte incluyó preguntas sobre nivel educacional y laboral individual, estado de salud (presencia de enfermedades

crónicas y/o infecciosas), participación en programas alimentarios gubernamentales, hábitos dietéticos, patrón de actividad física. Incluyó un Recordatorio de 24 h y un cuestionario de frecuencia de consumo semi-cuantitativo (CFC) para cada individuo del hogar incluido el jefe de familia.

Para analizar la composición nutricional de la dieta se empleó una tabla de composición de alimentos (TCA) que incluyó alimentos y recetas de platos típicos de la región. Esta se elaboró en base a la TCA de América Latina (LATINFOODS), la TCA argentina (ARGENFOODS) y los datos generados y compilados en distintas provincias del Norte (Salta, Jujuy, Santiago del Estero y Tucumán). Parte del trabajo de las encuestas consistió en la recolección de recetas tradicionales en casas y comedores escolares para determinar su composición y las porciones utilizadas. Para transformar los alimentos en nutrientes se utilizó un programa de nutrición elaborado sobre Microsoft ACCESS.

Mediciones Antropométricas

Se realizaron de acuerdo a las recomendaciones de Frisancho (6). El peso y la altura se determinaron con balanza electrónica (Tefal *charm*, sc 2504 Rumilly, Francia; precisión 200g) y tallímetro portátil (Kawe, 44444; Kirchner & Wilhelm GmbH, Asperg, Germany). Las circunferencias del brazo, de cintura y de cadera se determinaron con cinta métrica metálica inextensible (Kawe 43972).

En niños y adolescentes, el estado nutricional se evaluó de acuerdo a su peso para la edad (P-E), a su talla para la edad (T-E) y el índice de masa corporal (IMC) y se compararon con aquellos de los estándares de referencia de crecimiento infantil (0-5 años) y los patrones de referencia 2007 (5-19 años) propuestos por la OMS utilizando los percentiles, IMC y las puntuaciones z (7, 8).

En adultos el estado nutricional se evaluó de acuerdo al IMC utilizando la dos clasificación: i) WHO (bajo peso definido como $IMC < 18,5 \text{ kg/m}^2$, peso normal con IMC entre $18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$, sobrepeso IMC entre $25 - 29,9 \text{ kg/m}^2$ y obesidad con $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$.) (9) y ii) Empleando dos puntos de corte, $IMC > 25$ y $> 27 \text{ kg/m}^2$ para sobrepeso y obesidad respectivamente, según el índice de HANNES. Este se aplicó en trabajos de otros autores para la comunidad indígena de Chile (10). Para evaluar la adiposidad central se consideraron circunferencia de

cintura (CC) e índice cintura/cadera (ICC) con puntos de corte 102 y 88 cm y 1,00 y 0,90 para hombres y mujeres respectivamente (11).

Los porcentajes de masa y grasa corporal se determinaron mediante un bioimpedanciómetro (Omron, modelo BF306).

La presión arterial se tomó con un tensiómetro portátil de muñeca (Omron RX3 plus). La hipertensión se identificó cuando la presión sanguínea diastólica/sistólica estuvo por encima de 90/140 mmHg (12).

Análisis estadístico

Se llevó a cabo con el paquete estadístico IBM SPSS Advanced Statistics 20.0 (IBM Software Group, Chicago, IL, EE.UU.). Los análisis descriptivos se llevaron a cabo con la realización de tablas de contingencia, las cuales muestran el porcentajes, la media, la mediana, los mínimos y máximos y desviación estándar. Los análisis estadísticos se realizaron por separado por regiones. El grado de significación estadística de las diferencias observadas entre los sexos se realizó mediante el test t de Student de muestras independientes y para evaluar las diferencias observadas entre dos proporciones se empleó el test chi-cuadrado. Las comparaciones de medias se hicieron con el uso de la prueba ANOVA de una vía. Un valor de $p > 0,05$ se eligió para denotar significación estadística.

RESULTADOS

El número final de encuestados fue 1338 individuos para las 3 regiones pertenecientes a 452 familias, con edades entre 2 y 96 años; se logró un 75% de participación. La selección de las casas se hizo de forma aleatoria. Las cifras de no participación incluyeron los sujetos que se rehusaron a ser entrevistado así como la no participación involuntaria debido al error de censo causado por cambios de dirección, desaparecidos, personas que no se encontraban presentes en el hogar en el momento de la entrevista o impedimentos inevitables para colaborar con la encuesta. En los casos que se presentaron alguna de esas situaciones y cuando fue posible, se entrevistó al hogar vecino.

La tabla 1 muestra las características socio-demográficas de los hogares de las regiones del NOA. Se observa que las poblaciones habitan zonas geográficamente muy similares donde las casas tienen pisos de cemento alisado, no más de 3 cuartos; las mismas tie-

nen la cocina separada del resto de las habitaciones y poseen electricidad. Las casas en la Puna y en la Quebrada tienen agua potable, baño con letrina y pozo ciego, mientras que las casas en los Valles de Altura poseen baños con cámara séptica como desagüe y carecen de agua potable. La situación socioeconómica de la población en general es baja, con ingresos familiares que van entre los 1,50 y 4,00 dólares al día. Más

del 60% de las poblaciones recibe ayuda del gobierno. El 50% de la población que habita la Quebrada y la Puna produce sus propios alimentos mientras que un elevado porcentaje (79%) de la población de los Valles de Altura no los produce.

El jefe de familia es hombre con una edad promedio alrededor de los 42 años, con un nivel ocupacional bajo y un nivel educacional intermedio. Pocos habitantes de

TABLA 1 Características de los hogares de las regiones estudiadas

| VARIABLES | | Valles de Altura | Quebrada (%) | Puna |
|--------------------------------------|------------------|------------------|--------------|-------------|
| Área o Sector: | Urbano | 33 | 53 | 54 |
| | Peri urbano | 30 | 19 | 17 |
| | Rural | 37 | 28 | 30 |
| Tipo de vivienda | Casa | 92 | 97 | 94 |
| | Casilla | 8 | 3 | 6 |
| Número de cuartos | 1 cuarto | 8 | 23 | 29 |
| | 2-3 cuartos | 52 | 51 | 49 |
| | > 3 cuartos | 40 | 26 | 22 |
| Tipo de suelo | Tierra | 23 | 47 | 29 |
| | Cemento alisado | 77 | 53 | 71 |
| Electricidad | Si | 99 | 74 | 90 |
| | No | 1 | 23 | 10 |
| Agua potable | Si | 24 | 74 | 95 |
| | No | 76 | 26 | 5 |
| Sexo de jefe de familia | Hombre | 85 | 67 | 73 |
| | Mujer | 15 | 33 | 28 |
| Edad del jefe de familia | (media ± SD) | 49,0 ± 15,6 | 43,5 ± 13,8 | 40,5 ± 13,2 |
| Ocupación del jefe de familia | Nivel alto | 2 | 5 | 3 |
| | Nivel intermedio | 44 | 23 | 30 |
| | Nivel bajo | 54 | 73 | 67 |
| Ingresos mensuales del hogar* | <44 dólares | 9 | 23 | 19 |
| | 44-117 dólares | 47 | 53 | 56 |
| | 117-233 dólares | 28 | 19 | 21 |
| | >233 dólares | 16 | 5 | 4 |
| Nivel educacional del jefe del hogar | Alto | 23 | 12 | 16 |
| | Intermedio | 75 | 58 | 59 |
| | Bajo | 2 | 30 | 26 |
| Reciben subsidio o ayuda | Si | 63 | 63 | 73 |
| | No | 37 | 37 | 27 |
| Producción propia de alimentos | Si | 21 | 59 | 44 |
| | No | 79 | 42 | 56 |
| Técnica de conservación | Desecación | 15 | 43 | 34 |
| | Ninguna | 8 | 42 | 50 |
| | Heladera | 77 | 15 | 15 |

*Cotización del Dólar al momento de las encuestas US\$1 = \$3,43

TABLA 2 Características antropométricas de los niños y adolescentes por región

| Grupo de Edad / Región | 2 a 9 años | | | 10 a 17 años | | | Valor p | | |
|----------------------------|---------------|-------------------------|------------------|--------------|---------------|-------------------------|--------------|------------------|-------------|
| | Todos (n=409) | Valles de Altura (n=49) | Quebrada (n=174) | Puna (n=186) | Todos (n=241) | Valles de Altura (n=28) | | Quebrada (n=116) | Puna (n=97) |
| Edad (años)* | 5,2 ± 2,2 | 5,1 ± 2,2 | 5,5 ± 2,3 | 4,95 ± 2,1 | 12,8 ± 2,3 | 13,4 ± 2,1 | 12,7 ± 2,3 | 12,8 ± 2,3 | 0,107 |
| Peso (kg)* | 19,3 ± 6,4 | 21,6 ± 8,9 | 19,6 ± 5,6 | 18,4 ± 5,8 | 42,6 ± 12,0 | 49,1 ± 15,8 | 42,1 ± 12,1 | 41,3 ± 1,0 | 0,003 |
| Altura (cm)* | 108,7 ± 15,9 | 115,8 ± 17,2 | 109,2 ± 15,1 | 106,2 ± 15,7 | 147,6 ± 12,6 | 154,5 ± 11,7 | 147,5 ± 12,0 | 145,5 ± 13,0 | 0,002 |
| CB (cm)* | 16,2 ± 2,2 | 16,5 ± 3,2 | 16,4 ± 2,1 | 15,9 ± 1,7 | 21,3 ± 3,3 | 23,3 ± 4,3 | 21,5 ± 3,1 | 20,6 ± 3,0 | 0,002 |
| IMC (kg/m2)* | 16,2 ± 2,1 | 15,7 ± 3,1 | 16,3 ± 1,9 | 16,1 ± 1,8 | 19,1 ± 3,3 | 20,1 ± 4,0 | 19,0 ± 3,4 | 19,0 ± 3,0 | 0,947 |
| IMC percentil* | 61,3 ± 28,2 | 57,8 ± 29,5 | 60,4 ± 28,2 | 63,0 ± 28,0 | 51,0 ± 29,3 | 57,0 ± 30,9 | 49,9 ± 29,3 | 50,1 ± 29,2 | 0,305 |
| Z T/E* | (-0,8) ± 1,8 | 1,1 ± 2,6 | (-1,0) ± 1,3 | (-1,1) ± 1,5 | (-0,9) ± 1,1 | (-0,3) ± 1,0 | (-0,9) ± 1,1 | (-1,2) ± 1,0 | 0,001 |
| ° T/E | 20,6 | 10,2 | 20,5 | 23,6 | 17,5 | 3,6 | 15,8 | 24,1 | |
| > 2SD alto | 5,3 | 26,5 | 1,8 | 2,8 | 0,4 | 0 | 0,9 | 0 | |
| percentil < 5 delgadez | 2,9 | 5 | 3 | 2,3 | 0,252 | 3,7 | 7 | 8,1 | |
| ° percentil ≥ 85 sobrepeso | 14,3 | 7,5 | 15,1 | 15,1 | 8,7 | 14,8 | 9,5 | 5,8 | |
| percentil > 95 obesidad | 11,9 | 15 | 11,4 | 11,6 | 7 | 14,8 | 4,3 | 8,1 | |
| percentil 5-85 normal | 70,9 | 72,5 | 70,5 | 70,9 | 77,3 | 66,7 | 79,3 | 77,9 | |

*Valores antropométricos se expresan como media ± SD en cada grupo de edad. Diferencia entre sexos por el test de ANOVA de una vía. Valores de p que no se muestran son mayores a 0,05 y la diferencia no es estadísticamente significativa. Índice de masa corporal para la edad (IMC/E), Talla para la edad (T/E), Peso para la edad (P/E), IMC y la puntuación z de altura para la edad (Z T/E) fueron calculados comparando con los estándares de la OMS, 2010 para los niños (0-5) y valores referencias para los adolescentes (5-19) de la OMS 2009 (20, 21). °Valores mostrados son porcentajes (%).

los Valles de Altura producen y conservan sus alimentos con técnicas tradicionales (21%), mientras que el 51% de los pobladores de la Quebrada y Puna si lo hace.

En la Tabla 2 se puede observar los resultados de las medidas antropométricas realizadas a los individuos según grupo etario y región.

En el grupo de 2 a 9 años se observa que para ambas poblaciones no existen diferencias significativas en la edad y circunferencia de brazo, mientras que las niñas y niños de los Valles de Altura tienen mayor peso y altura que los niños de ambos sexos de la Puna y Quebrada (21,6 kg y 115,8 cm; 18,9 kg y 107,7 cm respectivamente). Por otro lado, el porcentaje de niños varones de la Puna y Quebrada con sobrepeso (IMC igual o superior al percentil 85 de los valores estándares) fue mayor que los niños y las niñas de los Valles de Altura, y estos últimos tuvieron una prevalencia de obesidad más alta (15%), es decir niños con un IMC mayor o igual al percentil 95 de los valores de referencia.

En cuanto a los adolescentes de las tres regiones, con una edad media de 13 años no presentaron diferencias significativas en la misma. La prevalencia de sobrepeso y obesidad fue mayor en los adolescentes de los Valles de Altura (14,8%).

Un elevado porcentaje de niñas (20,5 y 23,6%) y adolescentes mujeres (15,8 y 24,1%) que viven en la Quebrada y Puna respectivamente, presentaron baja talla para la edad, indicativo de un retraso de crecimiento.

En adultos de las 3 regiones se observó talla promedio baja, (T=1,56 cm) (Tabla 3). En el análisis de los resultados de IMC, se encontró 31,2 y 17,9 % prevalencia de sobrepeso y obesidad cuando se consideró los va-

TABLA 3 Medidas antropométricas y estado nutricional en la población de adulta (≥ 18 años) por región

| Datos Antropométricos | Total (n=688) | Valles de Altura (n=217) | Quebrada (n=250) | Puna (n=221) | Valor p* |
|---------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|------------------|----------|
| Edad media (años)* | 39,6 \pm 15,9 | 44,7 \pm 17,4 | 39,6 \pm 15,7 | 37,5 \pm 15 | 0,000 |
| Peso (kg)* | 63,1 \pm 13,3 | 68,7 \pm 14 | 61,9 \pm 13,2 | 61,6 \pm 12,7 | 0,000 |
| Talla (cm)* | 156,2 \pm 10,3 | 160,4 \pm 9 | 155,2 \pm 8,1 | 155,1 \pm 10,4 | 0,000 |
| C. Brazo (cm)* | 26,7 \pm 3,8 | 27,8 \pm 4 | 26,9 \pm 4 | 26,4 \pm 3,7 | 0,000 |
| C. Cintura (cm)* | 87,2 \pm 12,5 | 90,7 \pm 15,1 | 86,3 \pm 12,2 | 86,2 \pm 11,5 | 0,000 |
| C. Cadera (cm)* | 98,9 \pm 10,5 | 103,4 \pm 10,1 | 98,6 \pm 10,1 | 97,8 \pm 10,1 | 0,000 |
| % MASA GRASA* | 32,7 \pm 8,3 | 32,7 \pm 7,9 | 33 \pm 8,4 | 32,7 \pm 8,4 | 0,986 |
| IMC (Kg/m ²)* | 25,9 \pm 5,1 | 26,6 \pm 4,5 | 25,6 \pm 4,9 | 25,4 \pm 4,4 | 0,107 |
| T.A.MÍNIMA (mmHg)* † | 76,9 \pm 12,7 | 78 \pm 14,5 | 77,9 \pm 12,4 | 76 \pm 12,4 | 0,217 |
| T.A.MÁXIMA (mmHg)* † | 123,6 \pm 21 | 129,7 \pm 23,7 | 124,4 \pm 22,9 | 121 \pm 16,9 | 0,006 |
| CC♣ > Normal (%) | 30,8 | 41,7 | 31 | 25,7 | |
| ICC▲ > Normal (%) | 20,4 | 22,6 | 21,5 | 18,3 | |
| Bajo peso # | 1,8 | 2,9 | 0,4 | 2,4 | |
| Sobrepeso # | 31,2 | 34,8 | 29,6 | 30,8 | |
| Obesidad # | 17,9 | 24,6 | 17,4 | 15,3 | |

* Valores antropométricos se expresan como la media \pm SD por sexos. d: Existen diferencias estadísticamente significativa entre sexos por el test de la t de Student para muestras independientes. nd: valores de p > 0.05, la diferencia no es estadísticamente significativa

♣ CC, circunferencia cintura: punto de corte CC > 102cm en hombres y CC > 88cm en mujeres

▲ ICC, Índice Cintura-cadera: punto de corte ICC > 1.00 para hombres y ICC > 0.90 en mujeres

† Hipertensión fue definido como la presión sanguínea diastólica > 90 mmHg y la presión sanguínea sistólica > 140 mmHg

Puntos de cortes fueron: bajo peso definido como IMC < 18,5 kg/m², peso normal con IMC entre 18,5 -24,9 kg/m², sobrepeso IMC entre 25-29,9 kg/m² y obesidad con IMC > 30 kg/m² de la OMS, 1998 (23).

lores establecidos por la OMS y 15,3 y 33,7 % respectivamente, al aplicar los puntos de corte sugeridos por el estudio HANNES. Si bien los valores en cada grupo difieren según las referencias empleadas, es importante destacar que el porcentaje total de la población con sobrepeso y obesidad es cercano al 50%. La obesidad es una característica más frecuente en los hombres. Además, la población de los Valles de Altura presentó una elevada adiposidad central tanto en los hombres como en las mujeres y el 41,7% de esta población tiene alto riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares.

Casi el 50 % de la población adulta de los Valles de Altura presentó hipertensión.

La tabla 4 muestra la frecuencia de consumo promedio de alimentos de las poblaciones en estudio. En general, consumen diariamente tres porciones de cereales, una porción de tubérculos y carne (50g) y dos porciones de frutas, verduras e infusiones. Los huevos y las legumbres se consumen 2 y 3 veces por semana

respectivamente. Consumen 4 porciones de grasas y 7 porciones de aceites por semana, siendo mayor el consumo en la región de la Puna. Los niños y adolescentes ingieren postres 2 a 3 veces por semana. El pescado fresco o enlatado no está incluido en la dieta de estas poblaciones. Los patrones de consumo difieren para lácteos, siendo el consumo de los niños de los Valles de Altura el doble que el de los que habitan las otras regiones (14 porciones por semana). También las bebidas azucaradas se consumen en mayor cantidad en los Valles de Altura, siendo el grupo de los adolescentes el mayor consumidor (11 porciones por semana). La población de la Puna y Quebrada consume el doble de dulces (14 y 12 porciones por semana respectivamente) que la población de los Valles de Altura.

DISCUSIÓN

Las poblaciones de los Valles Calchaquíes, de la Quebrada y Puna pertenecen en gran parte a la comu-

TABLA 4: Frecuencia de consumo de alimentos de las poblaciones en estudio

| Grupo de alimentos | Tipos de alimento | Consumo promedio ● | | | | | Valor p |
|--------------------|---|--------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| | | Porción (g) ▲ | Total (n=1338) | Valles de Altura (n=230) | Quebrada (n=540) | Puna (n=568) | |
| Cereales y granos | Pan, tortillas delgadas, galletas, arroz, fideos, polenta | 50 | 3 p/d | 2 p/d | 4 p/d | 3 1/2 p/d | 0,000 |
| Tubérculos | Papas comunes y de los valles, batatas | 150 | 1 p/d | 1 p/d | 1 p/d | 1 p/d | 0,442 |
| Legumbres | Lentejas, garbanzos, porotos, arvejas | 60 | 3 p/s | 3 p/s | 2 p/s | 2 1/2 p/s | 0,614 |
| Carnes y derivados | Pollo, caprinos, ovinos, bovinos, cerdo | 50 | 1 p/d | 1 p/d | 1 p/d | 1 p/d | 0,518 |
| Infusiones | Te, mate cebado, mate cocido | 200 | 2 p/d | 2 p/d | 2 p/d | 2 p/d | 0,947 |
| Huevos | Huevo de gallina | 60 | 2 p/s | 2 p/s | 2 p/s | 2 p/s | 0,843 |
| Pescados | pescados frescos y enlatados | 60 | 0 p/d | 0 p/d | 0 p/d | 0 p/d | 0,124 |
| Lácticos | Yogur, leche de vaca, quesos | 200 50 | 5 p/s | 14 p/s (4 a 5 p/s*) | 4 1/2 p/s (7-3 p/s) □ | 4 1/2 p/s (7-3 p/s) □ | 0,000 |
| Frutas y verduras | Frutas y verduras frescas y/o cocidas | 150 | 2 p/d | 2 p/d | 2 1/2 p/d | 2 p/d | 0,000 |
| Aceites vegetales | Aceites mezclas | 15 | 7 p/s | 7 p/s | 7 p/s | 7 1/2 p/s | 0,000 |
| Grasas animales | Grasa animal, manteca | 10 | 4 p/s | 1 p/s | 4 p/s | 5 p/s | 0,000 |
| Bebidas azucaradas | Jugos en polvos, gaseosas | 250 | 7 p/s | 11 p/s | 6 p/s | 6 p/s | 0,000 |
| Dulces | Azúcar, caramelos, mermelada, dulce de leche | 15 | 12 p/s | 6 p/s | 14 p/s | 12 p/s | 0,000 |
| Postres | Flan, gelatina, mazamorra, arroz con leche, api§, anchi§ | 100 | 3 p/s | 2 p/s | 3 p/s (2-1p/s) // | 3 p/s (2-1)// | 0,001 |

▲ El tamaño de la porción se estimó de acuerdo a las cantidades de alimentos consumidos por la población muestreada.

● Consumo promedio de los grupos de alimentos en porciones están expresadas en raciones diarias o semanales de acuerdo al grupo.

* Rango de consumo observado en niños de 0 a 5 años de 2 a 3 porciones al día, en adultos de 4 a 5 porciones por semana.

□ Rango de consumo observado de 7p/s en la población de niños a 3 p/s en adultos y de 4 p/s fueron consumidos por adolescentes

§ Típicos dulces y postres de leche que se prepara con harina de maíz y / o leche y / o arroz y / o jugo de fruta, más azúcar y otros ingredientes

// Rango de consumo observado de 2p/s en niñas y mujeres adolescentes a 1p/s en hombres adultos y adolescentes.

nidad indígena y viven a altitudes elevadas. Según algunos investigadores en las poblaciones de alturas superiores a 3000 msnm, a las condiciones geográficas y climáticas impuestas por el entorno físico se añaden situaciones socioeconómicas restrictivas, que limitan el acceso a una buena alimentación y a un adecuado control higiénico sanitario (3, 13).

Las poblaciones tienen un nivel socioeconómico y ocupacional muy bajo y las dos terceras partes reciben algún tipo de ayuda o participa en algún programa de alimentación del gobierno.

Los niños y adolescentes de los Valles de Atura son más altos que los niños de la Quebrada y Puna, estos

últimos presentan elevados porcentajes de desnutrición crónica 20,5 y 23,6 %, respectivamente, prácticamente el doble respecto a los niños de los Valles de Atura (10,2%). Este retraso en el crecimiento fue similar a los encontrados para niños que habitan regiones de altura en Bogotá, Colombia (9,8%); Turquía (5,7%), Nigeria (11,6) y Arabia Saudita (10,9%) (14-17). Sin embargo, las tres regiones del NOA tuvieron menor prevalencia de desnutrición crónica en niños comparada con los de áreas rurales de Perú (49%) y Guatemala (47.3%) (18, 19). Esta desnutrición crónica se relaciona con el bajo consumo de proteínas y energía, probablemente también con las deficitarias con-

diciones sanitarias y a la falta de disponibilidad de alimentos y de atención médica en toda la Región.

En este estudio un porcentaje considerable de los niños y adolescentes presentaron conjuntamente con la desnutrición crónica, sobrepeso y/u obesidad. Esta situación concuerda con los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNyS) (20) en la que las situaciones más prevalentes en niños y niñas menores de 5 años fueron la baja talla y la obesidad. Los resultados de la ENNyS mostraron que aproximadamente 1 de cada 10 niños de ambos sexos presentaron baja talla para la edad y que la frecuencia de baja talla fue mayor en los niños y niñas de hogares en condición de privación socioeconómica, mientras que la prevalencia de obesidad tiende a ser más elevada en aquellos en hogares sin necesidades básicas insatisfechas, situación particularmente observada en las regiones de NEA, NOA y Pampeana (20). Mientras que en la población en estudio se observó que ambas situaciones de niños y adolescentes con baja talla para la edad que presentaron conjuntamente sobrepeso y/obesidad provienen de hogares con situaciones socioeconómicas bajas.

Se puede observar en la Tabla 4 que la monotonía que caracteriza al patrón alimentario es el punto de unión entre las deficiencias de nutrientes y la obesidad observada. No más de 25 alimentos concentran el 90% de las calorías consumidas. Además, hubo una contribución importante de hidratos de carbonos a la ingesta de energía total. Las fuentes de hidratos de carbono fueron principalmente los cereales refinados (harinas, pastas, arroz blanco) y granos así como productos azucarados. El elemento nuevo e indeseable en el patrón alimentario de los adolescentes de los Valles de Altura son las bebidas azucaradas y carbonatadas tipo cola, con tamaños de porciones elevadas que llegan a 120 kcal/100g.

En los adultos, se encontró que la altura promedio de la población de los Valles de Atura fue baja y similar a la altura de otras poblaciones andinas (Perú quechua, 158 cm, aymara de Bolivia 161 cm, aymara de Chile, 163 cm), y mayor que la altura promedio observada en la población de la Puna y Quebrada.

Las poblaciones adultas presentaron según el IMC promedio para hombres y mujeres, una prevalencia alta de sobrepeso el cual es un importante factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares y crónicas. En estudios previos observaron que la probabilidad de

presentar incremento de peso aumenta significativamente a partir de los 40 años. Se ha postulado como causas del aumento de peso con la edad la disminución de los requerimientos energéticos a consecuencia de la disminución de la masa muscular con la edad y/o de la actividad física, el embarazo y la menopausia en el caso de las mujeres (36-38). En la Encuesta Nacional de Salud (ENS) de 2003 realizada en una muestra representativa de la población del país por el Ministerio de Salud y el Instituto Nacional de Estadística de Chile (39), se encontró una prevalencia de sobrepeso del 38%, de obesidad del 22%, y 1,3% de prevalencia de la obesidad mórbida ($IMC > 40 \text{ kg/m}^2$), cifras similares a las que se encontraron en el presente estudio (40). Estudios previos (41) han sugerido que el IMC puede no ser un buen índice de obesidad entre las comunidades étnicas que viven en las regiones Puna, Quebrada y las de los Valles de Atura. Sin embargo, si se utiliza la circunferencia de la cintura como una medida aproximada de la adiposidad central, que también ha sido vinculado a un mayor riesgo cardiovascular, se observa que la proporción de personas con obesidad central también fue alta, similar a lo que mostró el IMC medido tanto de acuerdo a las referencias de la OMS como del HANNES.

La ingesta energética (IE) total para los diferentes grupos etarios de las tres regiones reportada en estudios previos (21, 22) fue inferior a los requerimientos. La relación promedio entre IE y tasa metabólica basal (TMB) resultó baja, con valores aparentemente no compatibles con un estado de salud adecuado a largo plazo. La alta variabilidad indicada por la desviación estándar (DE) muestra que es posible la existencia de una situación de "sub-reporte" por parte de los encuestados es decir, la tendencia de los individuos a declarar una ingesta de energía más bajas, especialmente aquellos con sobrepeso. Por otra parte el consumo de energía baja podría estar relacionado con el gasto de energía bajo como consecuencia de la forma de vida sedentaria en esta población. Son personas que tienen ocupaciones que no requieren esfuerzo físico, no caminan largas distancias y no hacen ejercicio ni participan en actividades deportivas con regularidad, pasan la mayor parte de su tiempo libre sentados. Finalmente, algunos autores han sugerido que las ecuaciones de la TMB de la FAO/WHO (1985) pueden sobreestimar las necesidades diarias de energía (23). Un panel de expertos de la International Obesity Task

Force (IOTF) sugirió una serie PAL algo más baja de 1,50 a 1,55 como representativas de las personas sedentarias (24). El cociente IE/TMB con un valor de $1,05 \pm 0,5$ puede considerarse equivalente al nivel de actividad física (PAL) si el sujeto mantuviera un peso constante, lo cual se adapta a la población adulta en estudio que mostró tener un bajo nivel de actividad.

Sin embargo, también se debe tener en cuenta que estas personas habitan en zonas de altura y tienen características antropométricas y mecanismos de adaptación para las condiciones climáticas extremas y altitud de la región, lo cual explicaría parcialmente las actividades desarrolladas aun con la situación planteada; las condiciones geo-climáticas adversas causan hipoxia por la baja presión atmosférica asociada a la altitud, lo cual es un factor estresante al que los individuos responden biológicamente (25). Esta característica condiciona también los escasos recursos ecológicos disponibles. En esta población los adultos se caracterizan por una menor estatura, un mayor índice córico (relación entre extremidades inferiores y parte superior del cuerpo) y un perímetro torácico mayor que las poblaciones de menor altitud (26).

La coexistencia de desnutrición crónica y obesidad en el mismo hogar se observó a nivel población en las 3 regiones del noroeste. Esta existencia de personas con falta y exceso de peso en el mismo hogar suele llamarse un *hogar con doble carga de malnutrición*. La presencia de esta doble carga se debe al cambio de alimentación que está teniendo lugar en los países en desarrollo. Estos países acusan menores niveles de actividad física y un cambio en su dieta, que incluye mayor consumo de grasas y azúcares. Con la globalización de los mercados alimentarios, los países en desarrollo reciben mayores cantidades de alimentos de bajo costo y ricos en calorías, y la presión del mercado hace que los hogares más pobres compren más esos alimentos baratos (27). La composición típica del plato principal de alimentos de estas poblaciones, por lo general tiene una base de arroz, pasta, harina de trigo o maíz, acompañada por tubérculos o huevos, o pocas hortalizas y carne de vaca. Este plato varía poco de un día para otro, constituyendo una dieta monótona, con un alto consumo de azúcares simples (bebidas azucaradas y dulces) y cereales refinados. Situación similar a las de las poblaciones en estudio, se ha observado en una muestra de población de Colombia, la cual a tuvo una baja ingesta de verduras, legumbres y frutas en

comparación con las recomendaciones (28). También tenían un bajo consumo de productos lácteos (29). Schejtman comparó el patrón dietario de la muestra colombiana con la dieta promedio de América Latina, y concluyó que encajan en el modelo correspondiente a los países andinos, es decir dominado por el consumo de tubérculos y cereales (30). Como resultado del bajo consumo de frutas y vegetales de las poblaciones bajo estudio, se puede predecir que tienen baja ingesta de fibras. A esta situación, Popkin y colaboradores la han descrito como característica de los países de ingresos medio que están atravesando un estado de transición nutricional, los cuales muestran cambios en los patrones de consumo pasando de una dieta alta en hidratos de carbono complejos, de granos enteros y en base de cereales integrales, frutas y hortalizas hacia una de mayor consumo de granos refinados, alimentos ricos en grasas, productos azucarados y alimentos procesados, o elaborados fuera de la casa. Los cambios en la dieta y en la actividad física suelen estar relacionados con las condiciones económicas de un país.

En este sentido, aun cuando las poblaciones de los Valles de Altura, la Quebrada y Puna tienen un nivel socioeconómico bajo, se han globalizado y han cambiado de una condición de alta prevalencia de bajo peso y déficit de crecimiento hacia un escenario marcado por un incremento del sobrepeso y la obesidad que acompaña a enfermedades crónicas como por ejemplo las cardiovasculares, diabetes y cáncer. Esto podría explicarse por la ingesta de alimentos y por el bajo nivel de actividad física encontrado en las mismas.

Estos hogares con doble carga de malnutrición representan una dificultad para la salud pública, porque las intervenciones dirigidas a reducir el problema de la desnutrición son contrarias a los programas de prevención de la obesidad; y las intervenciones para reducir el exceso de peso pueden recomendar una dieta baja en grasas, lo que tiene efectos adversos para los miembros del hogar con bajo peso (5). Por ello los programas de promoción de la salud deben promover alimentos nutritivos y un estilo de vida sano, para abordar ambas formas de malnutrición al mismo tiempo.

CONCLUSIÓN

En niños, adolescentes que viven en la Quebrada

y Puna, el retraso en el crecimiento constituyó la situación más prevalente, y en los adultos existió una elevada prevalencia de sobrepeso y obesidad. Mientras que la población en general de los Valles de Altura tuvo mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad. Los factores ecológicos y biológicos podrían explicar el estado nutricional de estas poblaciones. La coexistencia de personas con alto y bajo peso en el mismo hogar podría deberse a los bajos niveles de actividad física encontrados en estas poblaciones, además de la distribución de alimentos en el hogar que varía de un miembro de la familia a otro. La sustitución de los platos tradicionales por otros patrones de alimentación de tipo occidental y pérdida de las producciones típicas de la región se refleja en el patrón de ingesta de alimentos. Los resultados sugieren que estas poblaciones estarían en etapas tempranas de transición nutricional con el cambio generalizado de la dieta hacia un aumento del consumo de azúcares y granos refinados. Estos resultados podrían ser el punto de partida para fomentar en estas poblaciones hábitos alimentarios más saludables y una dieta menos monótona. Es necesario incorporar mayor variedad de alimentos, entre ellos se proponen incluir productos autóctonos de la región, que en la actualidad solo son comercializado e incorporado en la "ruta gourmet" donde pocas personas con alto poder adquisitivo son las que pueden disponer de los mismos. También formular, planificar y ejecutar nuevas estrategias nutricionales para revertir o evitar la aparición de patologías crónicas relacionadas a las deficiencias o a los excesos nutricionales.

Una limitación metodológica de este estudio es que se emplearon tablas de composición de alimentos transfronterizas para estimar la ingesta de nutrientes por carecer de datos propios de varios alimentos de la región; la mayor fortaleza es que por ser la población en estudio minoritaria respecto a la población total del país, no se incluye en los estudios nacionales. Esto implica que la información disponible sobre estado nutricional y hábitos alimentarios de esa población es insuficientes y que la generada en este estudio cubre aspectos que contribuyen para encontrar soluciones a los problemas de mal nutrición.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado con recursos prove-

nientes de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán (CIUNT) y de la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la Universidad Nacional de Jujuy (SECTER).

Los autores agradecen a los Agentes Sanitarios, Ministerio de Bienestar Social de las Provincias de Tucumán y Jujuy (Argentina). Un agradecimiento especial a M. Lobo, N. Farfán, C. Miranda, M. Pérez, C. Martínez, J. Gutierrez, V. Taboada, C. Segundo, A. S. Chañi, M. E. Acuña, S. Burke, M. E. Jiménez, A. Rossi, E. Castellino, L. Vaca, N. Gotter, C. Baricco, M.I. Buffo y E. Paz, que colaboraron con las encuestas.

REFERENCIAS

1. Jujuy. Quebrada de Humahuaca y Puna. Vestigios de antiguas culturas perduran entre valles y cerros coloridos. 2011 [cited 2011 May 16th]; Available from: <http://www.argentinaxplora.com/destinos/jujuy/jujuy.htm>
2. Frank Salomon & Stuart B. Schwartz, eds., The Cambridge History of the Native Peoples of the Americas. 2001; Jun [cited 2012 Aug 10]; Available from: <http://lhomme.revues.org/index6561.html>.
3. Moreno Romero S, Lomaglio DB, Jail Colome J, Alba JA, Lejtman N, Dipierri JE, et al. Condición nutricional en la puna argentina. Observatorio Medioambiental ISSN: 1139-1987 2005; 8: 111-125.
4. González Cainzo MJ, Arenas, P. and Guyot, E editor. Resumen : Análisis participativo del proceso de transformación productiva e institucional en el Valle de "Tafi - Tucumán". Taller de Validación del Análisis participativo de los procesos productivos e institucionales en el Valle de Tafi; 2005; Tucumán.
5. Popkin BM. Global changes in diet and activity patterns as drivers of the nutrition transition. Nestle Nutr Workshop Ser Pediatr Program. 2009;63:1-10; discussion -4, 259-68. Epub 2009/04/07.
6. Frisancho A. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status: By A. Roberto Frisancho University of Michigan Press. Clinical Nutrition. 1991;10(2):131-2.
7. WHO. WHO AnthroPlus for personal computers Manual: Software for assessing growth of the world's children and adolescents. Available from: <http://www.who.int/growthref/tools/en/>. Geneva: World Health Organization; 2009.
8. WHO. WHO Anthro for personal computers, version 3.2.2, 2011: Software for assessing growth and development of the world's children. Available from

- <http://www.who.int/childgrowth/software/en/>. Geneva: World Health Organization; 2010.
9. NIH. Executive summary of the clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. 1998 Sep 28. Report No.: 0003-9926 (Print) Contract No.: 17.
 10. Pérez B F, Carrasco P E, Santos JL, Calvillán M, Albala B C. Prevalencia de obesidad, hipertensión arterial y dislipidemia en grupos aborígenes rurales de Chile. *Revista médica de Chile*. 1999;127:1169-75.
 11. Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report. National Institutes of Health. *Obesity research*. 1998;6(2):51-209.
 12. JNCR. Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. The fifth report of the Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure (JNC V). *Arch Intern Med* 1993;148(5):1023-38.
 13. Frisancho AR, Baker PT. Altitude and growth: a study of the patterns of physical growth of a high altitude Peruvian Quechua population. *Am J Phys Anthropol*. 1970;32(2):279-92. Epub 1970/03/01.
 14. El Mouzan MI, Al Herbish AS, Al Salloum AA, Foster PJ, Al Omer AA, Qurachi MM. Prevalence of short stature in Saudi children and adolescents. *Annals of Saudi Medicine*. 2011;31(5):498-501.
 15. Senbanjo IO, Oshikoya KA, Odusanya OO, Njokanma OF. Prevalence of and risk factors for stunting among school children and adolescents in Abeokuta, southwest Nigeria. *Journal of health, population, and nutrition*. 2011;29(4):364-70. Epub 2011/10/01.
 16. McDonald CM, Arsenault JE, Villamor E, Baylin A, Mora-Plazas M. Overweight is more prevalent than stunting and is associated with socioeconomic status, maternal obesity, and a snacking dietary pattern in school children from Bogotá, Colombia. *J Nutr Journal of Nutrition*. 2009;139(2):370-6.
 17. Gur E, Can G, Akkus S, Ercan G, Arvas A, Guzeloz S, et al. Is undernutrition a problem among Turkish school children?: Which factors have an influence on it? *J Trop Pediatr*. 2006;52(6):421-6.
 18. Pajuelo Ramirez J, Morales Miro Quesada H, Novak Cassinelli A. La desnutrición crónica, el sobrepeso y obesidad en niños de 6 a 9 años en áreas urbanas del Perú. *Diagnóstico*. 2001;40(1):202-29.
 19. Lee J, Houser RF, Must A, de Fulladolsa PP, Bermudez OI. Socioeconomic disparities and the familial coexistence of child stunting and maternal overweight in Guatemala. *Economics & Human Biology*. 2012;10(3):232-41.
 20. ENNYS. Encuesta Nacional de Nutrición y Salud. Documentos de Resultados. (Cited 2010). Available from: <http://www.msal.gov.ar/htm/Site/ennys/site/default.asp> 2007.
 21. Romaguera D, Samman N, Farfan N, Lobo M, Pons A, Tur JA. Nutritional status of the Andean population of Puna and Quebrada of Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Public Health Nutr*. 2008;11(6):606-15. Epub 2007/09/27.
 22. Bassett MN, Romaguera D, Samman N. Nutritional status and dietary habits of the population of the Calchaqui Valleys of Tucuman, Argentina. *Nutrition* 2011;27(11-12):1130-5.
 23. FAO/WHO. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 1985;724:1-206. Epub 1985/01/01.
 24. Erlichman J, Kerbey AL, James WPT. Physical activity and its impact on health outcomes. Paper 2: Prevention of unhealthy weight gain and obesity by physical activity: an analysis of the evidence. *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2002;3(4):273-87.
 25. Moreno-Romero S, Marrodán MD, Dipierri JE. *Biología de Poblaciones Humanas: Diversidad, Tiempo, Espacio*. Actas XIII Congreso SEAB. In: Oviedo, editor.: Sociedad Española de Antropología Biológica.; 2004. p. 407-16.
 26. Frisancho AR, Juliao PC, Barcelona V, Kudyba CE, Amayo G, Davenport G, et al. Developmental components of resting ventilation among high- and low-altitude Andean children and adults. *Am J Phys Anthropol*. 1999;109(3):295-301. Epub 1999/07/17.
 27. Popkin BM. The Nutrition Transition: An Overview of World Patterns of Change. *Nutr Rev*. 2004;62(7 Pt 2):S140-3. Epub 2004/09/25.
 28. Instituto Colombiano de Bienestar F. *Guías alimentarias para la población colombiana mayor de dos años: bases técnicas*. Santafe de Bogotá, D.C: ICBF; 2000.
 29. Herrán OF, Bautista LE. Calidad de la dieta de la población adulta en Bucaramanga y su patrón alimentario. *Universidad del Valle*; 2005; [cited 2012 Aug 15]; Available from: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=28336206>.
 30. Schejtman A. *Economía política de los sistemas alimentarios en América Latina*. Santiago, Chile: FAO/RLAC; 1994.

Recibido: 23-04-2013

Aceptado: 15-07-2013

**COMPLETE SU COLECCION DE
ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION. ALAN.**



Apreciado suscriptor:

Ofrecemos la oportunidad de completar su colección de ALAN a precios reducidos

Escribanos indicando los ejemplares (Volumen y Número) faltantes en su colección a:

OFICINA EDITORIAL

Apartado 62778

Chacao

Fax: (58-212) 286.0061

Caracas 1060

email: info@alanrevista.org

Venezuela

Usted recibirá confirmación de disponibilidad y una cotización de precios

**COMPLETE YOUR ARCHIVOS LATINOAMERICANOS
DE NUTRICION. ALAN. COLLECTION**



Dear subscriber:

We are offering the opportunity to complete your ALAN collection at *discounted* prices

Just inform us of your missing issues (Volume and Number) by writing to

EDITORIAL OFFICE

Apartado 62778

Chacao

Fax: (58-212) 286.0061

Caracas 1060

email: info@alanrevista.org

Venezuela

You will receive availability confirmation and a price quotation

At risk or not: Comparing normative and criterion-referenced Body Mass Index standards among Mexican American children

F de Heer, O Morera, M Warren, L Chaudhari, H D de Heer

Physical Therapy and Orthopaedic Manual Therapy Practice de Heer, Voorburg, The Netherlands

University of Texas at El Paso, Department of Psychology, El Paso, Texas

Northern Arizona University, Department of Physical Therapy and Athletic Training, Flagstaff, Arizona

Northern Arizona University, College of Health and Human Services, Flagstaff, Arizona

SUMMARY. Most childhood obesity research has classified participants by normative standards for Body Mass Index (BMI) through population percentiles or values corresponding to overweight adults (World Health Organization (WHO), Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and the International Obesity Task Force (IOTF)). In 2006, criterion-referenced standards (FitnessGram®) were developed (revised in 2010) which directly associate BMI values with adverse health outcomes. This study assessed agreement between normative and criterion-referenced standards. Participants included 653 Mexican American 3rd to 5th graders living in the U.S.-Mexico border area who participated in a health promotion project. At baseline, agreement was compared between normative and criterion-referenced classifications. At follow-up, agreement between classifications on changes (e.g. from overweight to healthy weight) was assessed. According to FitnessGram® standards, 53.0% of participants were overweight or obese at baseline. Compared to FitnessGram®, the IOTF and CDC standards classified 15% fewer participants as obese/high risk. The WHO standards were closely related to FitnessGram® ($\kappa=.925$) and showed significantly greater agreement with FitnessGram® than the CDC ($\kappa=.925$ versus 0.722 , $p<.001$) and IOTF standards ($\kappa=.925$ versus $.682$, $p<.001$). Compared to the FitnessGram® (8.9%), the WHO and CDC (8.6%) were similar, but IOTF standards lower (6.5%) in how many children improved following the health program. Despite acceptable agreement between the different indices, several normative classifications may underestimate the proportion of children who are at risk for BMI-related adverse health consequences.

Key Words: Obesity, Overweight, BMI, FitnessGram®

RESUMEN. A riesgo o no: comparando índices de masa corporal normativos e índices basados en criterios en niños méxico-americanos. Muchos de los estudios sobre la obesidad infantil clasifican a los participantes por índices normativos para el índice de masa corporal (IMC) usando valores de percentil de población o valores correspondientes a adultos con sobrepeso (Organización Mundial de la Salud (WHO), Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) y la Comisión Internacional Sobre la Obesidad (OITF)). En 2006, índices con referencias a criterios (FitnessGram®) fueron creados asociando valores de IMC directamente a valores de impacto de salud adversos. Este estudio determinó las equivalencias de los índices normativos y los con referencias a criterios. Los participantes incluyeron estudiantes ($N=653$), niveles 3°-5, viviendo en la frontera EEUU-México. Al inicio, se comparó la equivalencia entre el IMC basado en las clasificaciones normativas y los con referencias a criterios. La equivalencia entre las clasificaciones de los cambios fue evaluada. Según las normas FitnessGram®, 53.0% tenían sobrepeso o eran obesos aunque las normas OITF y CDC indicaron menos de 15% fueron clasificados con obesidad/alto riesgo. Las normas WHO fueron más cercanamente relacionadas con las de FitnessGram® ($\kappa=.925$) y mostraron significativamente mayor equivalencia con las de FitnessGram® que a las del CDC ($\kappa=.925$ V $.722$, $p<.001$) e IOTF ($\kappa=.925$ V $.669$, $p<.001$). Los índices FitnessGram® (8.9%), WHO y CDC (8.6%) fueron similares en cuanto el número de niños que mejoraron siguiendo el programa, pero el índice IOTF fue menor (6.3%). Aunque había un acuerdo aceptable entre los índices diferentes, varios pueden subestimar la proporción a riesgo y las consecuencias adversas relacionadas al IMC.

Palabras clave: Obesidad, Sobrepeso, IMC, FitnessGram®

INTRODUCTION

Over the past decades, rates of obesity and being overweight have increased strongly for children and adolescents (1). Children are becoming overweight

at a younger age, as almost a quarter of pre-school children are currently obese or overweight (1). Given that about 70% of overweight children continue to be overweight in adulthood (2), and that rates of overweight and obesity are higher among rapidly growing minority

populations (3), obesity is expected to continue to be a major public health challenge.

The outcome variable most commonly used in studies addressing childhood overweight/obesity has been Body Mass Index (BMI). Although BMI is not a direct measure of body fat, it has been found to be strongly associated with the most accurate body fat measures ($r = 0.80-0.90$) (4). Further, BMI is easy and inexpensive to measure. Importantly, BMI has been found to be positively associated with risk factors for cardiovascular diseases such as elevated blood pressure, adverse lipoprotein profiles and diabetes (5). Different classification methods have been developed that classify children according to their BMI.

The Centers for Disease Control and prevention (CDC) (6) and World Health Organization (WHO) (7) use '*normative reference standards*' to classify children according to their BMI relative to their peers. According to the CDC and WHO BMI growth charts, being overweight is defined as having a Body Mass Index of over the 85th percentile and obesity is defined as having a BMI of over the 95th percentile.

A key difference between the two is that the CDC growth charts are a *reference* of how a population has developed over a certain period. The CDC standards published in 2000 (6) are based on the growth of a population of children in the U.S. from the 1960s through 1994. In contrast, the WHO values for BMI are *standards*, aimed to 'describe the growth of healthy children who grew up under optimal conditions.' A criticism of both the CDC and WHO percentiles are that the 85th and 95th percentile cut-offs are arbitrary, and that constructing growth references based on populations that longitudinally trend toward overweight and obesity will lead to an underestimation of overweight/ obesity and an overestimation of underweight (8).

The International Obesity Task Force (IOTF) standards have been developed (and updated in 2012) incorporating data from six different countries including the United States and classify children by different levels of 'thinness', normal weight, overweight and obese (9,10). Instead of population percentiles, the standards were developed as the children's equivalent of adult overweight ($BMI \geq 25\text{kg/m}^2$) and obesity ($BMI \geq 30\text{kg/m}^2$). Since adult overweight and obesity have been associated with adverse health consequences, these international standards are likely to relate children's BMI with health consequences. However,

similar to the limitations of the CDC and WHO standards, the IOTF cut-offs were not designed to define what BMI cut-off points are the strongest predictors of future adverse health consequences.

While adverse health consequences of childhood obesity have long been known, only recently have researchers begun to directly associate classifications of obesity with adverse health consequences (5). In this context, Flegal and Ogden (11) have pointed out that instead of debating how to define overweight and obesity, it might be more important to consider what BMI cut-points best predict future health risks and how to efficiently screen for such risks.

In 2006, '*criterion-referenced*' standards called 'FitnessGram® standards' were developed and revised in 2010 (12). The unique feature of these standards is that they classify a child according to their health risk, rather than their status as overweight or obese. Categories based on a child's BMI include a BMI that is a) 'very lean', b) in the 'healthy fitness zone', c) at 'some risk' or d) at 'high risk' for adverse health consequences such as cardiovascular and metabolic conditions. The complete FitnessGram® measurement protocol includes measures of body composition, aerobic capacity, strength and flexibility and is currently implemented state-wide in several states including Texas, the site of the current study.

Several studies reported the extent of agreement or discrepancies among the WHO, CDC and IOTF standards (13-17). Most studies found moderately high agreement (kappa coefficients $> .60$) (13, 14), although some reported that the odds of classifying a child as obese or not obese varied substantially across these classifications (15-17). To date, however, there is little knowledge about the extent to which the most commonly used normative-referenced standards (CDC, WHO and IOTF) are in agreement with criterion-referenced standards that directly associate BMI with health consequences such as the FitnessGram® 2010 standards. Examining whether the most commonly used standards indeed classify children as healthy whose body composition may be associated with adverse health consequences can have important implications for health promotion efforts.

Using data from a randomized after-school project conducted among a population of predominantly Hispanic elementary school children (18), we assessed the extent of agreement between for classification of chil-

dren's BMI across most commonly used normative standards (CDC, WHO, IOTF) to the newly developed criterion-referenced standards (FitnessGram®). We further assessed whether choosing a classification influenced conclusions about the obesity prevention program's impact (change in BMI from baseline to follow-up).

MATERIALS AND METHODS

Participants and Setting

The health promotion project was initiated in 2008 in El Paso, Texas a major city located directly on the U.S.- Mexico border. The health promotion project consisted of a 12-week after-school physical activity and nutrition education program (18). The after-school program was based on physical activities developed by the Coordinated Approach to Children's Health (CATCH) (19), a comprehensive child health program widely implemented. The health education was based on the bilingual (English-Spanish) Bienestar program (20). Bienestar is a health education program developed in response to the rising diabetes rates among underserved Hispanic youth and consists of 16 modules on for example healthy eating, exercise, drinking water and diabetes (20). The current study sample included a total of 653 participants across 70 classrooms and 6 schools. The mean age of the participants was 9.3 years (SD=1.0) and 50% were boys. In 4 of the 6 schools, over 80% of children were of Hispanic descent, over half were socio-economically disadvantaged and had limited English proficiency (21). Parental consent and children's assent at appropriate reading levels in Spanish or English was acquired before program implementation. The institutional review board of the University and the school district approved all procedures and measures.

Outcome measures

The FitnessGram® protocol was measured during Physical Education classes. The FitnessGram® protocol consists of a test battery of multiple measures indicative of physical fitness including body composition, aerobic capacity, muscular strength and flexibility (12). Each of these measures has been independently associated with risk for chronic conditions. For each FitnessGram® measure, an individual receives a score which is then classified as being in a healthy range or in an unhealthy range (associated with adverse health

consequences, for example, high BMI or low aerobic capacity). FitnessGram® does not, however, provide a comprehensive risk score, and although completing all measures provides a more complete picture of an individual's health status, each measure in itself is associated with health consequences. For the current paper, we will only present the measure used for body composition: BMI, calculated as weight in kilograms divided by height in meters. Height and weight were measured using a Tanita BF 215 portable digital scale. Participants were instructed to empty their pockets, take off their shoes and if applicable, their jacket. They were then asked to step on the scale, and stand up straight. During that time, the height rod was pulled up and placed gently on the top of their head. Their height was recorded to the nearest 0.25 inch. Their weight was read and recorded from the digital scale to the nearest 0.1 pound. Their BMI was calculated using standard formulas of $(\text{Weight in Pounds}) \times 703 / [(\text{Height in inches}) \times (\text{Height in inches})]$.

Classifications

Five classifications were compared for weight or health status based on BMI (Table 1): three were normative reference standards 1) the CDC growth charts, 2) the WHO growth charts, 3) the IOTF standards, which classify children either as underweight (-1), normal weight (0), overweight (1) or obese (2). These classifications were compared to the criterion-referenced FitnessGram® 2006 and revised FitnessGram® 2010 standards for BMI. The 'FG06' BMI standards include categories (-1) below healthy fitness zone, (0) in the healthy fitness zone and (1) 'needing improvement.' The FitnessGram® 2010 ('FG10') BMI categories include very lean (-1), in healthy fitness zones (0), at some risk for adverse health consequences (1) and at high risk for adverse health consequences (2).

An example of agreement is a 10-year old boy with a BMI of 18.5 kg/m², who is considered normal weight according to the IOTF standards, and at a healthy weight according to the FitnessGram® 2010 standards. An example of a discrepancy is a 10-year old boy with a BMI of 19.5 kg/m², who is considered normal weight according to the IOTF standards, but according to the FitnessGram® 2010 standards, this child is at some risk for adverse health consequences.

Analyses

We first assessed the proportion agreement and kappa-coefficients across approaches, calculated with

TABLE 1 Description of normative and criterion-referenced classifications for children’s body composition as healthy or unhealthy weight.

| Standards | Unhealthy weight (low) | Healthy Weight | Unhealthy weight (high) | |
|---|---|---|---|---|
| Normative-referenced | | | | |
| 1. CDC growth charts | Underweight: <5th BMI percentile for age and sex | ≥5th, <85th BMI percentile for age and sex | Overweight: ≥85th BMI <95th percentile for age and sex | Obese ≥95th BMI percentile for age and sex |
| 2. WHO growth standards | Thinness: <5th BMI percentile for age and sex or equal or smaller than -2 SD (severe thinness -3SD) | ≥5th, <85th BMI percentile for age and sex | Overweight: ≥85th BMI <95th percentile for age and sex | Obese ≥95th BMI percentile for age and sex or equal or greater than +2 SD |
| 3. International Obesity Task Force Standards | Thinness: Grade 1: Corresponding to adult BMI equal to or less than 18.5 kg/m2 BMI ≤17 kg/m2 (grade 2) BMI ≤16kg/m2 (grade 3) | BMI corresponding to adult weight between 18.5 and 25 kg/m2 | BMI corresponding to adult weight of equal to or over 25 kg/m2 but under 30 kg/m2 | Obesity: BMI corresponding to adult weight equal to or over 30kg/m2 BMI ≥ 35kg/m2 morbid obesity |
| Criterion-referenced | | | | |
| 4. FitnessGram® 2006 | BMI below healthy fitness zone for age and sex | BMI in healthy Fitness Zone for age and sex | ‘Needing improvement’ | |
| 5. FitnessGram® 2010 | BMI below healthy fitness zone in ‘Very Lean’ category | BMI in healthy Fitness Zone for age and sex | At some Risk for adverse health outcomes | At high risk for adverse health outcomes |

SPSS 17.0 frequencies and crosstabs. Secondly, we assessed whether each of the kappa-coefficients were significantly different from the other kappa coefficients following procedures by Barnhart and Williamson (22). Based on these procedures, a macro in SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC) using the SAS PROC CATMOD procedure was used (22) to test for the equality of two kappa statistics, with a significant p-value indicating a statistical difference between the two values. The rationale behind testing this was to assess whether, for example one normative classification (e.g. WHO) agreed better with the criterion-referenced standards (FitnessGram®) than the other normative classifications.

Finally, we compared the proportion agreement across different classification systems regarding the change in health status following participation in the study. So, if a participant reduced their at-risk status from overweight to healthy weight by CDC, WHO or IOTF standards, did they also change from unhealthy to healthy according to the FitnessGram® values?

These analyses were conducted with SPSS 17.0 and included McNemar tests for paired proportions.

RESULTS

Agreement on baseline findings

The proportion of children that could be classified as overweight or obese ranged from 29.6% (the FitnessGram® 2006 standards) to 54.1% (the WHO standards; Figure 1). The FitnessGram® 2010 standards classified 53% of participants as at some or high risk for adverse health consequences.

We compared agreement across the FitnessGram® 2010 and CDC, WHO and IOTF classifications (FitnessGram® 2006 standards were not included in this comparison as this classification did not have the same categories as the other classifications and coefficient kappa could not be calculated).

The WHO standards showed the highest agreement with the FitnessGram® 2010 standards (kappa= 0.925), followed by the CDC and FitnessGram® 2010

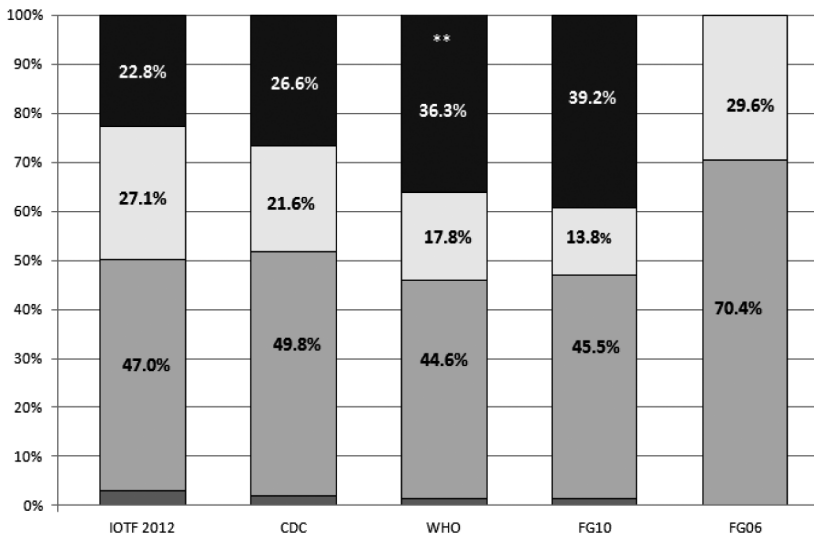
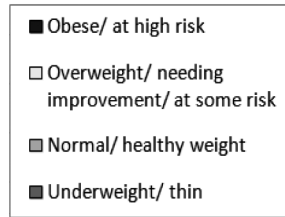


FIGURE 1:
Percentage of predominantly Hispanic elementary school children participating in an after-school health promotion project in El Paso, Texas in 2008 who were classified as thin/underweight, normal/healthy weight, overweight/some risk and obese/high risk according to normative and criterion-referenced standards.



IOTF= International Obesity Task Force standards
CDC= Centers for Disease Control and Prevention growth curve standards
WHO= World Health Organization standards
FG10= FitnessGram® 2010 standards
FG06= FitnessGram® 2006 standards

**=WHO standards are in significantly greater agreement with FG10 standards than IOTF and CDC standards on $p < .001$.

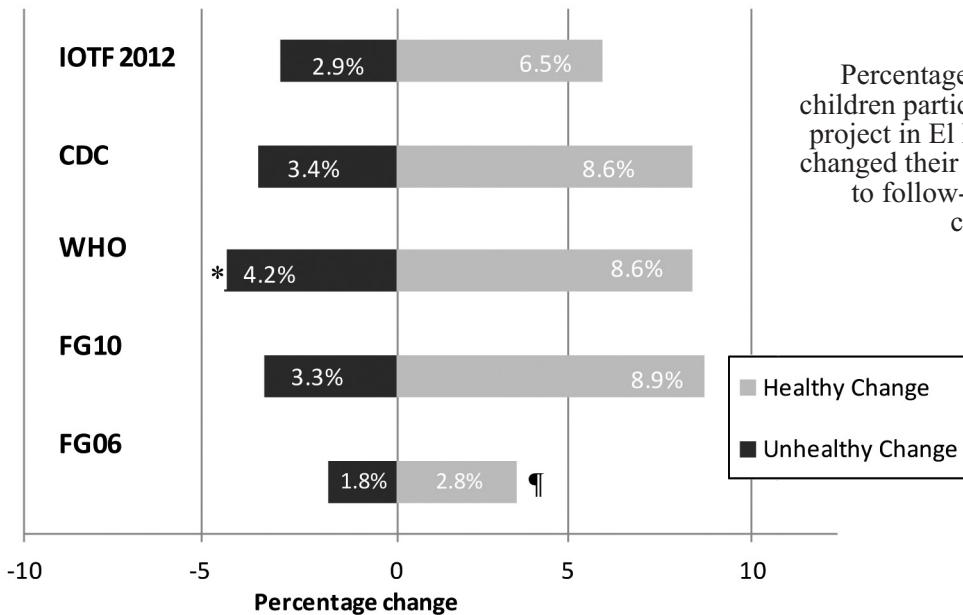
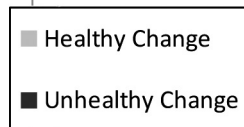


FIGURE 2:
Percentage of elementary school children participating in an after-school project in El Paso, Texas in 2008 who changed their BMI status from baseline to follow-up according to each classification.



IOTF= International Obesity Task Force standards
CDC= Centers for Disease Control and Prevention growth curve standards
WHO= World Health Organization standards
FG10= FitnessGram® 2010 standards
FG06= FitnessGram® 2006 standards

*= WHO unhealthy change is significantly higher than FG06 change on $p < .05$; ¶= FG06 healthy change is significantly lower than all other healthy changes on $p < .05$.

Change is from baseline to 4-month follow-up following participation in an after-school physical activity and health education project. The percentage represents the proportion of children who changed their health status from overweight/at some risk to normal/ healthy weight or from obese/at high risk to overweight/at some risk (improvement) or vice versa (worsening).

(kappa=0.722) and IOTF and FitnessGram® 2010 (0.682). The kappa statistics were significantly different from each other: the agreement between the WHO and FitnessGram® 2010 (kappa=0.925) was significantly greater than the agreement between the CDC and FitnessGram® 2010 (Kappa of 0.925 vs. 0.722; $\chi^2(df=1)=21.03$, $p<.001$ for the test of equivalence of kappa's. Further, both the WHO (kappa 0.925 vs. 0.682; $\chi^2(df=1)=35.16$, $p<.001$) and CDC (kappa 0.722 vs. 0.682; $\chi^2(df=1)=5.85$, $p=.012$) showed better agreement with the FitnessGram® 2010 scores than the IOTF values.

Agreement on impact of health promotion program

We assessed the change in BMI classification from baseline to 4-month follow-up among all participants (Figure 2). A healthy change occurred if the participants' weight status changed from overweight/some risk to healthy weight or from obese/high risk to overweight/some risk. The proportion of children improving their BMI weight or health status category ranged from 2.8% (FitnessGram® 2006) to 8.9% (FitnessGram® 2010), whereas the proportion of participants worsening their health or weight status ranged from 1.8% (FitnessGram® 2006) to 4.2% (WHO). The proportion of participants improving or worsening their BMI health status according to FitnessGram® 2010 were significantly different from the change according to the FitnessGram® 2006 standards ($\chi^2(df=3) = 28.29$, $p<.001$), but not significantly different from the normative reference standards: the CDC ($\chi^2(df=3) = 1.41$, $p=.702$), WHO ($\chi^2(df=3) = 1.97$, $p=.374$) or IOTF ($\chi^2(df=3) = 2.44$, $p=.487$).

DISCUSSION

The current study compared classification methods of childhood weight and health status in a sample of predominantly Hispanic elementary school children living on the U.S.-Mexico border. Particularly, we compared the most commonly used normative standards including population percentiles (by the CDC and WHO) and the childhood equivalence of adulthood overweight (IOTF) to health-related or criterion-referenced standards (the FitnessGram® 2010 standards). The study population was a high-risk population, which is reflected in all classifications indi-

cating that approximately half of the participants are at risk for adverse health outcomes. The average agreement between all classifications was moderately high, although the CDC population percentiles and IOTF standards classified fewer children as at high risk/obese than the WHO and the FitnessGram® 2010 standards. Of the most commonly used standards, the WHO standards were most closely related to the criterion-referenced standards.

The current study found moderately high agreement across all classifications, which is consistent with prior research (13,14). However, put into perspective, the CDC and IOTF standards classified approximately 5% of children as having a normal or healthy body weight, whereas they may actually be at risk for adverse health consequences. Although this percentage may seem small, this represents 33 children in this study alone. In addition, the proportion of children classified as obese or high risk based on their BMI was approximately 15% higher with the FitnessGram® 2010 (39.2%) and WHO (36.3%) classifications compared to the CDC (26.1%) and IOTF (22.8%) classifications. This means close to 100 children in this study would be classified as overweight/at some risk instead of obese/at high risk for adverse health consequences. These findings thus suggest that the WHO standards may be the most accurately predictive of health-related body composition outcomes such as high blood pressure, cholesterol and glucose. These findings are consistent with prior research by Ramirez and colleagues (17) who found that among children in Northwest Mexico, the WHO standards classified about twice as many (39% vs. 20% for CDC and 17% for IOTF) children as obese or overweight. These findings are further consistent with a large cohort study in Brazil by Vieira and colleagues (14), who reported that the IOTF standards had high sensitivity in terms of classifying overweight, but may underestimate the prevalence of obesity compared to the WHO standards.

Impact of the health promotion program was fairly consistent across classifications (with the exception of the original FitnessGram® 2006 standards), with proportions of children improving their BMI status (from obese to overweight or overweight to healthy weight) ranging from 6-9% and 3-4% worsening. Although not significantly different, the IOTF classification was over 2% lower than the other classifications. According to the IOTF classification, 42 children improved

their health status from obese to overweight or from overweight to healthy weight, whereas the CDC, WHO and FitnessGram® standards would have concluded that approximately 55 or 60 children improved their health status. Thus, choosing a classification system can make the difference in drawing a conclusion that a program is about 30% more or less effective in improving children's BMI status.

The largest differences were found between the FitnessGram® 2006 and 2010 standards. Interestingly, the original FitnessGram® protocol (2006) was used during the intervention time of the study (in 2008), but the revised version (2010) was published during the study analysis phase. For the current study, while the FitnessGram® 2006 would have classified fewer children as having an unhealthy weight, it would have also led to the conclusion that the impact of the after-school program was smaller.

Several important issues have to be noted when interpreting the findings of the current study. For example, prior research among children in Bolivia has found that none of the three major standards (CDC, WHO and IOTF) were applicable to a population of Bolivian adolescents (23). The authors indicated that all major growth references are based on populations from Caucasian ancestry, and that South America, the Middle East, the African Continent, and Central America have not been represented in these references (23). Although the current study was conducted in the United States, almost all children were of Mexican ancestry, which may have impacted the classification.

Another issue that has to be taken into account is that other indicators of body composition were not measured in the current study, such as waist circumference or body fat percentage. This is important, as for example waist circumference has been shown to have a stronger association with obesity-related health risk and recent research has shown that the health risk of children may be classified differently based on their BMI or waist circumference (24).

Strengths & Limitations

An important strength of the current study is that it is the first to compare normative BMI-based reference standards with comparative reference standards. This study further included a relatively high-risk population, for whom health consequences can be potentially identified at an early age. Limitations of the study include

that the sample was fairly small and the setting of the study was unique to the U.S.-Mexico border. As a result, findings of the current study may not generalize to other populations. Other limitations include that the current study did not take into account pubertal development, which may impact the validity of the BMI classifications. Future studies may look at the predictive value of a comprehensive risk score (such as taking into account all FitnessGram® measurements or other indicators of body composition such as waist circumference) and other factors including sex, age, ethnicity and family history (11).

CONCLUSIONS

Comparing different classifications of childhood weight showed that several normative classifications may slightly underestimate the proportion of children who are at risk for adverse health consequences as a result of their BMI. Of the currently most frequently used classifications, the WHO standards are most closely related to criterion-referenced standards that associate weight status with adverse health outcomes. Accurately classifying children with respect to adverse health consequences may be particularly important in areas with a large number of high risk children with limited access to primary preventive services such as the U.S.-Mexico border area.

ACKNOWLEDGEMENTS

This project was supported by pilot research grants from the Center for Border Health Research through the Paso del Norte Health Foundation and by the pilot research grant mechanism of the National Institutes of Health Hispanic Health Disparities Research Center (grant P20MD002287-01).

REFERENCES

1. Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, Lamb MM, Flegal KM. Prevalence of high Body Mass Index in US children and adolescents, 2007-2008. *JAMA*. 2010;303(3):242-249.
2. Magarey AM, Daniels LA, Boulton TJ and Cockington RA. Predicting obesity in early adulthood from childhood and parental obesity. *Int J Obes*. 2003;27(4): 505-513.
3. Centers for Disease Control and Prevention (CDC).

- Differences in prevalence of obesity among Black, White, and Hispanic Adults-United States, 2006-2008. *MMWR*. 2009;58(27):740-744.
4. Dietz WH, Robinson TN. Use of body mass index (BMI) as a measure of overweight in children and adolescents. *J Pediatr*. 1998;132:191-193.
 5. Adegboye AR, Andersen LB, Froberg K, Sardinha LB, Heitmann BL. Linking definition of childhood and adolescent obesity to current health outcomes. *Int J Pediatr Obes*. 2010; 5:130-142.
 6. National Center for Health Statistics. CDC growth charts: Norms for body mass index. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention. 2003. Available at: <http://www.cdc.gov/growthcharts/>
 7. de Onis M, Onyango AW, Borghi W, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for schoolaged children and adolescents. *Bull World Health Org*. 2007;85:660-667.
 8. De Onis M. The use of anthropometry in the prevention of childhood overweight and obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004; 28:S81-S85.
 9. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ*. 2007;335:194.
 10. Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes*. 2012;7(4):284-94.
 11. Flegal K, Ogden CL. Childhood obesity: are we all speaking the same language? *Adv Nutr*. 2011;2:159S-166S.
 12. The Cooper Institute. Fitness Gram Standards for Healthy Fitness Zone 8.6 and 9.X. Available at: http://www.cooperinstitute.org/pub/file.cfm?item_type=xml_file&id=656
 13. Neovius M, Linne Y, Barkeling B, Rossner S. Discrepancies between classification systems of childhood obesity. *Obes Rev*. 2004;5:105-114.
 14. Vieira MFA, Araújo CLP, Neutzling MB, Hallal PC, Menezes AMB. Diagnosis of overweight and obesity in adolescents from the 1993 Pelotas Birth Cohort Study, Rio Grande do Sul State, Brazil: comparison of two diagnostic criteria. *Cad Saúde Pública*. 2007;23:2993-2999.
 15. Bauce G. Comparación entre referencias del IMC, para obesidad y sobrepeso, en niños de tres ciudades de Venezuela. *INHRR*. 2011 ; 42(1): 07-15.
 16. Padula G, Salceda SA. Comparación entre referencias de las prevalencias de sobrepeso y obesidad, estimadas a través del Índice de Masa Corporal, en niños de Argentina. *Arch Latinoamer Nutr*. 2008;58(4):330-335.
 17. Ramírez, E., Grijalva-Haro, M. I., Ponce, J. A., & Valencia, M. E. (2006). Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el noroeste de México por tres referencias de índice de masa corporal: diferencias en la clasificación. *Arch Latinoamer Nutr*. 2006;56(3):251-256.
 18. de Heer HD, Koehly L, Pederson R, Morera O. Effectiveness and spillover of an after-school health promotion program for Hispanic elementary school children. *Am J Public Health*. 2011;101(10).
 19. Lytle LA, Stone EJ, Nichaman MZ, Perry CL, Montgomery DH, Nicklas TA, Zive MM, Mitchell P, Dwyer JT, Ebzery MK, Evans MA, Galati TP. Changes in nutrient intakes of elementary school children following a school-based intervention: Results from the CATCH study. *Prev Med*. 1996; 25(4): 465-477.
 20. Treviño RP, Marshall RM, Hernandez AE, Ramirez G. Bienestar: A diabetes risk-factor modification program. *Diabetes*. 2000;49 (Suppl.1):A305.
 21. El Paso Independent School District. (2008). Campus Profile 2008. Available from: http://www.episd.org/_departments/raa/docs/publications/campus-profiles/2008%20Campus%20Profiles.pdf
 22. Barnhart HX, Williamson JM. Weighted least-squares approach for comparing correlated kappa. *Biometrics*. 2002;58:1012-1019. SAS Macro available at: <http://www.biometrics.tibs.org/datasets/011117.txt>
 23. Botti AB, Pérez-Cueto FJA., Monllor PV, Kolsteren PW. International BMI-for-age references underestimate thinness and overestimate overweight and obesity in Bolivian adolescents. *Nutr Hosp*. 2010;25(3): 428-436.
 24. Griffiths C, Gately P, Marchant PR, Cooke CB. Cross-sectional comparisons of BMI and waist circumference in British children: mixed public health messages. *Obesity (Silver Spring)*. 2012;20(6):1258-60.

Recibido: 13-01-2013

Aceptado: 06-08-2013

Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) en individuos sanos.

Rosaura Zambrano, Marisela Granito, Yolmar Valero

Departamento de Tecnología de Servicios. Universidad Simón Bolívar. Sede del Litoral, Camurí Grande. Caracas, Venezuela. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Baruta. Caracas, Venezuela.

RESUMEN. El objetivo de la presente investigación fue formular una barra de cereales y leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) y evaluar su impacto sobre la respuesta glicémica de individuos sanos, a fin de contribuir con la oferta de alimentos beneficiosos para la salud del consumidor. Para esto se formuló una barra con una mezcla de cereales (maíz y avena) y dos porcentajes (20% y 30%) de *Phaseolus vulgaris*. Adicionalmente, se preparó una barra de cereales sin leguminosa (barra control). Mediante evaluación sensorial, se seleccionó la barra con 30% de *Phaseolus vulgaris*, por ser evaluada con mejor sabor y textura, además esa combinación de cereales y leguminosas favorece la complementación aminoacídica y los criterios de formulación previamente establecidos. La caracterización química indicó un contenido de proteínas mayor en la barra con 30% de *Phaseolus vulgaris* (13,55%), en relación a la barra control (8,5%). Los contenidos de grasa, cenizas y fibra dietética no presentaron diferencias ($p>0,05$) entre ambas barras evaluadas. Sin embargo, el contenido de fibra soluble y de almidón resistente de la barra seleccionada resultó un 32,05% y 18,67% mayor, respectivamente, que en la barra control, con lo cual se podría contribuir con la disminución de la velocidad de absorción de la glucosa. La barra seleccionada presentó un índice glicémico bajo (49) y carga glicémica intermedia (12,0) en voluntarios sanos, lo que podría traducirse en una posible reducción de la tasa de absorción de glucosa al torrente sanguíneo, asociada a un contenido de carbohidratos de absorción lenta. La barra formulada representa una propuesta de merienda saludable para el consumidor.

Palabras clave: Índice glicémico, carga glicémica, fibra dietética, almidón resistente, *Phaseolus vulgaris*.

SUMMARY. Glycemic response to consumption of a cereals and legume (*Phaseolus vulgaris*) bar on healthy individuals. The objective of this work was to formulate a cereals and legume (*Phaseolus vulgaris*) bar and assess its impact on the glycemic response of healthy individuals, in order to contribute to the healthy food supply beneficial to consumers. A mixture of cereals (corn and oats) and different percentages (20 and 30%) of *Phaseolus vulgaris* was used to formulate the bar. Additionally, a legume cereal bar without legumes (bar control) was prepared. The bar with 30% of *Phaseolus vulgaris* was selected through sensory evaluation, being scored with better flavor and texture. This combination of cereals and legumes aminoacid improves complementation and reaches the formulation criteria previously established. Chemical characterization indicated a higher protein content in the bar with 30% of *Phaseolus vulgaris* (13,55%) relative to the bar control (8,5%). The contents of fat, ash and dietary fiber did not differ between the two bars evaluated. However, the soluble fiber and resistant starch of the selected bar was a 32,05% and 18,67%, respectively, than in the control bar; this may contribute to decreasing the rate of glucose uptake. The selected bar presented a low glycemic index (49) and intermediate glycemic load (12,0) in healthy volunteers, which could lead to a possible reduction in the rate of absorption of glucose into the bloodstream, associated with a carbohydrate content of slow absorption. This bar represents a proposal of a healthy snack for the consumer.

Key Words: Glycemic Index, Glycemic load, dietetic fiber, resistant starch, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUCCIÓN.

Los carbohidratos presentes en los alimentos tienen una relación directa con el mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre, a pesar de que difieren considerablemente en sus efectos sobre el incremento de dichos valores y las respuestas hormonales (insulina) después de una comida (1). Diversos autores coinciden en el hecho de que el síndrome de resistencia a la insulina in-

fluye en el riesgo de padecer enfermedades tales como diabetes tipo 2 y cardiopatía coronaria. Adicionalmente postulan que la ingesta de algunos tipos de carbohidratos puede producir dicha resistencia, así como perfiles lipídicos adversos (2,3).

El índice glicémico (IG) categoriza a los alimentos que contienen carbohidratos en relación a su capacidad de incrementar los niveles de glucosa en sangre (4,5). Este valor es producto de una serie de

factores físicos y químicos que interactúan en el alimento, entre los que destacan: las técnicas de procesamiento, técnicas culinarias, contenido de grasa, contenido de fibra y contenido de almidones del alimento (5). Algunos autores resaltan que es importante, no solamente tener en cuenta la cantidad, sino también la calidad y tipo de carbohidratos presentes en los alimentos (1,3).

Debido a que el IG depende de la cantidad de carbohidratos presentes en los alimentos y que la cantidad de carbohidratos consumidos en una comida o merienda varía considerablemente, el concepto de IG fue expandido para incluir el concepto de carga glicémica (CG) (6). La CG cuantifica el impacto de una porción habitual de un alimento con su determinado IG (5). El valor de CG incorpora la cantidad de carbohidratos digeribles por ración, con el fin de evaluar mejor el impacto de una comida o merienda en la respuesta de la glucosa postprandial (6).

Más recientemente, la importancia de los estudios realizados para determinar el IG y de CG de los alimentos radica en los posibles y probados efectos fisiológicos y terapéuticos de dietas que contengan alimentos de bajo IG no solamente en pacientes, obesos, diabéticos e hiperlipidémicos, sino también en individuos sanos (1,5,7). Se ha demostrado que los alimentos que contienen carbohidratos de absorción lenta prolongan la duración de la saciedad, lo que sugiere un papel preventivo en la génesis de la obesidad, enfermedades crónicas asociadas a la dieta e inclusive riesgo cardiovascular (6).

Las leguminosas son una buena fuente de carbohidratos y de proteínas de alta calidad (1). Entre los carbohidratos presentes en las leguminosas destaca el almidón, constituyente que puede representar hasta el 40% del peso seco de las leguminosas (8) y especialmente, cantidades significativas de almidón resistente, si se compara con los cereales o tubérculos (9). El contenido de almidón resistente, que representa la suma de las fracciones de almidón que no son digeridas ni absorbidas en el intestino delgado, ha demostrado tener una influencia positiva en la disminución de los niveles de glucosa sanguínea (8). Por su parte, la fibra dietética contribuye a la regulación de diversas funciones fisiológicas, como la función intestinal y ser factor preventivo del cáncer de colon, además de promover la disminución de la absorción intestinal de algunos nutrientes, específicamente del colesterol y la

glucosa en sangre (10). Por lo tanto, es relevante desde un punto de vista nutricional, aumentar el consumo de leguminosas y facilitar su inclusión en la dieta diaria (1).

Como idea derivada de los cereales listos para consumo, han surgido en el mercado las barras de cereales orientadas a diversos sectores de la población, las cuales entran dentro de la clasificación de las llamadas meriendas o “snack” (11). En este trabajo, la mezcla de cereales y leguminosas en la formulación de una merienda, tipo barra, es importante desde el punto de vista nutritivo, ya que al ser las leguminosas una buena fuente de lisina y los cereales de aminoácidos azufrados (12), se produce una complementación aminoacídica, que eleva la calidad de la proteína de la mezcla (13). Adicionalmente, los alimentos ricos en fibra soluble, como las leguminosas, puede afectar el metabolismo de la glucosa en individuos sanos y pacientes diabéticos, y en una mayor medida en alimentos a base de cereales con dicha fibra añadida (14).

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue formular una barra a base de cereales y leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) y evaluar su impacto sobre la respuesta glicémica de individuos sanos.

MATERIALES Y METODOS.

Materia prima

Para la elaboración de las barras cereales-leguminosas se utilizó una variedad blanca de *Phaseolus vulgaris* (Variedad Victoria). Los cereales utilizados fueron: avena en hojuelas y harina de maíz tostado (fororo), en la misma proporción. La leguminosa, los cereales, así como el resto de los ingredientes (coco seco, maní, semillas de ajonjolí, panela, mantequilla y huevo), fueron adquiridos en el comercio local, en sus respectivos empaques comerciales.

Criterios de Formulación

Los criterios de formulación planteados fueron de tipo nutricional y funcional. Las barras formuladas debían aportar un 10%-15% del total de calorías consumidas durante el día, correspondiente al porcentaje de calorías recomendado para una merienda, según las recomendaciones del Instituto Nacional de Nutrición (15), basada en una dieta de 2000 Kcal/día. Además, la combinación de cereales y leguminosas en las proporciones 70% y 30%, ó 80% y 20% respectivamente, sugeridas

por Bressani (13), genera un alimento con una proteína de mayor calidad por la complementación aminoácida. Adicionalmente, se aumenta el contenido de fibra dietética soluble en el producto formulado.

Obtención del triturado de *Phaseolus vulgaris*

Previo limpieza y selección, los granos de *Phaseolus vulgaris* se remojaron en una proporción 1:4 (leguminosa:agua) por 10 horas a 25 °C; posteriormente se drenó el agua del remojo. Los granos fueron cocidos (121°C x 45 min), bajo presión (2 atm) hasta ablandarse, se escurrieron y se secaron en horno convencional a 220 °C por un tiempo aproximado de 1,5 horas. Las hojuelas obtenidas fueron trituradas en mortero, hasta un tamaño de partícula de 20 mesh.

Elaboración de productos

Se formularon 2 barras con una mezcla cereales-leguminosa en una proporción 70%-30% y 80%-20%, respectivamente. Para la elaboración de las barras, primero se mezcló la mantequilla, el jarabe de papelón y el huevo. Esta mezcla, que actuó como aglutinante, se unió a la premezcla de ingredientes secos: triturado de *Phaseolus vulgaris*, harina de maíz tostado, avena en hojuelas, coco seco rallado, maní triturado y semillas de ajonjolí. La mezcla se vació y se comprimió de forma manual en una bandeja, horneándose a 220 °C por aproximadamente 15 minutos. Las barras elaboradas se dejaron reposar por 5 minutos y se cortaron con dimensiones 9 cm x 4cm x 1 cm. Adicionalmente, se elaboró una barra control con únicamente la mezcla de cereales (50% harina de maíz tostado - 50% avena en hojuelas, el resto de ingredientes permanecieron en iguales proporciones), de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente, a fin de establecer las comparaciones con la barra de cereales extendida con leguminosas que resultase seleccionada.

Aceptabilidad de las barras

Se evaluaron las 2 formulaciones mediante la aplicación de una prueba de aceptabilidad, a través de una escala hedónica de 7 puntos, donde 1 correspondió a “me disgusta mucho” y 7 a “me gusta mucho”. Se trabajó con panelistas semientrenados, quienes evaluaron los parámetros: olor, color, sabor, textura y apreciación global. Así mismo, se les solicitó sus observaciones sobre las características de las barras.

Caracterización proximal.

La barra seleccionada se caracterizó químicamente. La muestra fue molida (Analyze MC-II, USA), tamizada (80 mesh) y almacenada en un desecador hasta

su uso. Los análisis químicos se realizaron de acuerdo a la metodología descrita en la AOAC (16): humedad (método 925.10), proteínas (método 960.52), grasa (método 920.39) y cenizas (método 923.03). El contenido de carbohidratos fue establecido por diferencia.

Fibra dietética y almidón total y resistente.

Para la cuantificación de la fibra dietética total, soluble e insoluble se utilizó el método enzimático gravimétrico de Prosky y colaboradores (17). El almidón total se determinó por hidrólisis enzimática, de acuerdo a la metodología descrita por Goñi y colaboradores (18). El contenido de almidón resistente se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Goñi y colaboradores (19). El contenido de almidón disponible se obtuvo por diferencia entre los valores de almidón total y almidón resistente.

Determinación del índice glicémico.

Se siguió el procedimiento descrito en la literatura (4,20). La población escogida para esta prueba estuvo conformada por 9 voluntarios adultos sanos (4 hombres-5 mujeres), con edades comprendidas entre 25 y 40 años de edad, que no padecieran de diabetes mellitus o alguna enfermedad crónica (Tabla 1). Las variables antropométricas utilizadas como criterios de inclusión fueron peso, talla e índice de masa corporal (IMC), calculado a partir de los dos primeros. Se realizó una encuesta para asegurar que los individuos no estuviesen ingiriendo ningún medicamento o suplemento dietético o estuviesen embarazadas. Los sujetos leyeron y firmaron un consentimiento con información escrita acerca del protocolo, de acuerdo a lo establecido por la Comisión de Ética de la Universidad Simón Bolívar. Los sujetos fueron distribuidos al azar y se les practicaron dos curvas de glicemia postprandial con intervalo de una semana. La primera evaluación se realizó con el alimento estándar (pan blanco, cantidad suficiente para ingerir 50

TABLA 1 Características e indicadores bioquímicos de ingreso al estudio de índice glicémico de los sujetos participantes.

| | |
|--|-------------------------------|
| N° de sujetos | 9 |
| Sexo | 5 femeninos / 4 masculinos |
| Edad (años) | 37,02 ± 3,67 |
| Peso (Kg) | 66,62 ± 3,66 |
| Talla (m) | 1,67 ± 0,07 |
| Índice de masa corporal (Kg/m ²) | 22,79 ± 3,11 |
| Glucosa inicial (mg/dl) | 93,2 ± 3,03 |

g de carbohidratos) y las siguientes semanas sucesivas la barra control y la barra seleccionada (cantidad suficiente para ingerir 50 g de carbohidratos). Cada una de estas evaluaciones se realizó por duplicado. El día de la prueba, las muestras fueron consumidas en un tiempo entre 10-12 min después de la toma basal. Fue autorizado el consumo hasta un máximo de 250 ml de agua durante la ingesta. Una muestra de sangre capilar fue tomada usando una lanceta (Accu-check Softclix, Roche Diagnostics, España) en el tiempo 0 (basal) y a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min. después de la ingesta de cada uno de los alimentos analizados. Las muestras de sangre fueron captadas en tiras reactivas y analizadas con un equipo analizador de glucosa (Accutrend-Sensor, Roche Diagnostics, España). Con las concentraciones de glucosa, expresadas como promedio \pm desviación estándar, se determinó el área bajo la curva (ABC), calculada con los valores por encima de la línea de base en el período de 2 h después de ingerido el alimento.

Carga glicémica (CG).

La CG representa una medida derivada del valor del IG del alimento en estudio y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula (5):

$$CG = \frac{IG \times CHO \text{ por porción de alimento}}{100}$$

Donde:

IG: Índice glicémico del alimento a evaluar.

CHO: Carbohidratos presente en el alimento por porción.

Los valores resultantes han sido categorizados en CG alta >20 , CG media 11-19 y CG baja <10 (5).

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron expresados como el promedio de tres determinaciones \pm desviación estándar. Para determinar si existían o no diferencias significativas se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y un Test de Duncan para la comparación de medias, usando el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1. El nivel de probabilidad empleado para todos los análisis estadísticos fue de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos

TABLA 2 Valores promedios resultantes de la prueba de aceptabilidad para cada tipo de barra formulada.

| Tipos de barras | Apreciación Global | | | | |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Color | Olor | Sabor | Textura | Global |
| I | 6,53 \pm 1,1 ^a | 6,13 \pm 0,2 ^a | 6,50 \pm 1,2 ^a | 6,10 \pm 1,2 ^a | 6,70 \pm 1,1 ^a |
| II | 6,26 \pm 0,8 ^a | 6,13 \pm 0,5 ^a | 5,26 \pm 0,5 ^b | 5,83 \pm 0,8 ^a | 5,80 \pm 0,9 ^b |

I: Barras 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*, II: Barras 20% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*. Para cada tipo de barra, letras diferentes en una misma columna implican diferencias significativas $P \leq 0,05$.

en la prueba de aceptabilidad a nivel de laboratorio.

En relación a la aceptabilidad de las barras formuladas con un 30% y 20% de leguminosas se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) solo en los parámetros de sabor y apreciación global. El sabor fue mejor evaluado en la barra con 30% de sustitución, probablemente debido a la textura de la barra, que la hacía más crocante y la suposición de un mayor contenido de fibra, de acuerdo a lo manifestado por los panelistas. En ese mismo sentido, en cuanto a la apreciación global, los panelistas presentaron mayor inclinación hacia la barra con 30% de leguminosa, por lo que esta resultó la seleccionada para continuar el estudio.

En la tabla 3 se presentan los resultados correspondientes a los análisis fisicoquímicos para la barra control y la barra de cereales con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris*. En relación al contenido de proteínas, la barra de cereales- leguminosa presentó un 13,55% de contenido proteico, siendo este valor estadísticamente superior que el obtenido en la barra control (8,5%) ($p \leq 0,05$). En cuanto al contenido de

TABLA 3 Composición proximal, fibra dietética y contenido de almidones de los dos tipos de barras analizados (g/100 g).

| | Control | I |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Proteínas | 8,5 \pm 1,02 ^a | 13,55 \pm 0,11 ^b |
| Grasa | 20,75 \pm 0,89 ^a | 21,85 \pm 0,6 ^a |
| Carbohidratos | 66,89 \pm 0,25 ^a | 60,47 \pm 0,05 ^b |
| Cenizas | 1,79 \pm 0,45 ^a | 1,86 \pm 0,04 ^a |
| Fibra total | 6,89 \pm 0,23 ^a | 6,93 \pm 0,1 ^a |
| Fibra soluble | 1,56 \pm 0,8 ^a | 2,06 \pm 0,04 ^a |
| Fibra insoluble | 5,33 \pm 1,1 ^a | 4,87 \pm 0,2 ^a |
| Almidón Total | 39,59 \pm 0,56 ^a | 42,5 \pm 0,47 ^b |
| Almidón resistente | 17,78 \pm 0,89 ^a | 21,11 \pm 0,15 ^b |
| Almidón disponible | 21,81 \pm 1,06 ^a | 21,39 \pm 0,22 ^a |

I: Barras 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*. Carbohidratos calculados por diferencia. Almidón disponible calculado por diferencia entre almidón total - almidón resistente. Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas $P=0,05$

grasas y cenizas, los valores obtenidos no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$), encontrándose valores de grasa para la barra control y la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* de 20,75% y 21,85% respectivamente, y para las cenizas de 1,79% y 1,82% respectivamente.

El contenido de carbohidratos para la barra control y la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* se ubicó en 66,89% y 60,47%, respectivamente, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre ambos. De acuerdo a la composición proximal reportada, ambas barras representan un producto con un aporte calórico acorde a la recomendación establecida para una merienda en una dieta de un adulto sano.

En cuanto al contenido de fibra, la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* presentó un contenido de 6,93 g/100g, con un aporte de fibra soluble e insoluble de 2,06 g/100g y 5,87 g/100g, respectivamente. Los valores de fibra total y fibra insoluble no mostraron diferencias estadísticamente

significativas ($p \leq 0,05$) con relación a los valores encontrados en la barra control de cereales, mientras que para el contenido de fibra soluble se observó un incremento del 32,05%, con respecto a la fibra soluble de la barra control.

En relación a el contenido de almidones, la barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* presentó un contenido de almidón total de 42,05 g/100g y almidón resistente de 21,11 g/100g, lo que representa un incremento de 7,35% y 18,67% en relación a la barra control, respectivamente. Para el almidón disponible, la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* presentó un valor de 21,39 g/100g, sin diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) al valor encontrado para la barra control (21,81 g/100g).

En la Figura 1 se muestra el incremento de la glucosa en sangre en sujetos sanos posterior a la ingesta de pan blanco (alimento de referencia), barra control (solo cereales) y barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* para la estimación del ín-

TABLA 4 Índice glicémico y carga glicémica de las barras desarrolladas.

| | IG | Tamaño de la porción habitual (g) | CHO disponibles (g) | Carga glicémica |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Barra de cereales | 66 ^a | 40 | 26,75 | 17,65 ^a |
| Barra de cereales-leguminosa | 49 ^b | 40 | 24,1 | 12,06 ^b |

Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas $P=0,0$

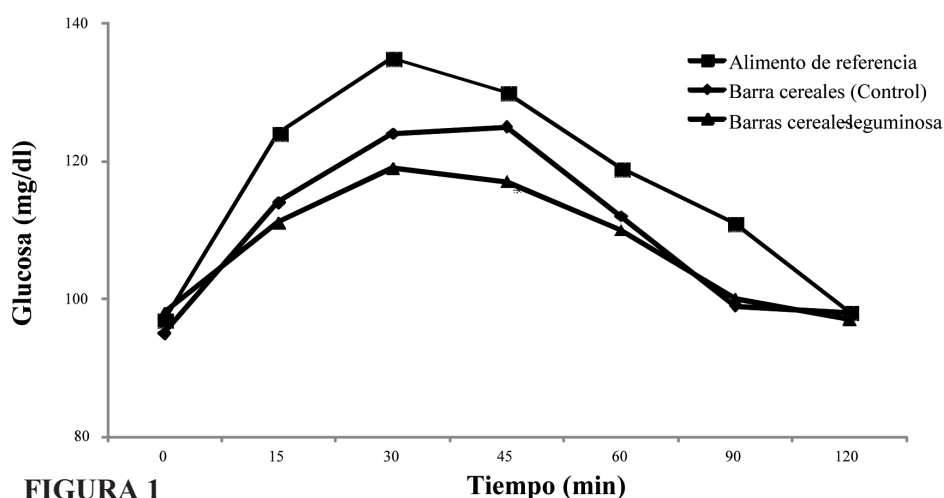


FIGURA 1

Incremento del valor de glucosa en sangre en sujetos sanos posterior a la ingesta de pan blanco (alimento de referencia) (-■-), barra de cereales (control) (-◆-) y barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* (-▲-) para la estimación del índice glicémico.

dice glicémico. El mayor incremento de las curvas de glucosa postprandial se observa con el alimento de referencia, a los 15 y 30 minutos, comenzando el descenso a partir de los 45 minutos y volviendo a su nivel basal (glicemia en ayunas) al final de la prueba. El incremento de la curva correspondiente a barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* presentó el mismo comportamiento que el alimento de referencia, pero con incrementos menores a los reportados para este último. El incremento observado presenta un pico máximo de glucosa a los 30 minutos, luego desciende gradual y significativamente ($p \leq 0,05$), con respecto al alimento de referencia, a partir de los 45 min, llegando a ser inclusive ligeramente inferior al valor a tiempo 0, a los 120 minutos de la ingesta. Para la barra control, el incremento en la glucosa se mantiene hasta el minuto 45, comenzando su descenso a los 60 min posteriores a la ingesta y llegando nuevamente a su valor basal de inicio de la prueba. Las concentraciones máximas de glucosa fueron de $118 \pm 2,56$ mg/dl y $125 \pm 3,89$ mg/dl para las barras de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* y barra control a los tiempos de 30 min y 45 min, respectivamente.

Con los datos obtenidos del ABC del alimento de referencia y las dos barras evaluadas se obtuvo el valor de índice glicémico y carga glicémica (Tabla 4). El índice glicémico obtenido para la barra de cereales con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris* fue de 49, considerado como un alimento de índice glicémico bajo, mientras que el valor encontrado para la barra control fue de 66. En relación a la carga glicémica de la barra con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* y la barra control esta se encontró en 12,0 y 17,6, respectivamente, para un tamaño de ración de 40 g. La carga glicémica de ambas barras fue calificada de intermedia.

DISCUSION.

La formulación de las barras de cereales y barra de cereales extendida con *Phaseolus vulgaris* se inició con una serie de pruebas preliminares, a los fines de ajustar las fórmulas desarrolladas a las características propias de una barra. Por ello se trabajó con los diferentes ingredientes hasta conseguir el sabor, la textura y la apariencia adecuada, tomando en consideración el tiempo de horneado de las mismas, ya que este pa-

rámetro influyó de manera notoria en la textura y calidad del producto final.

Los panelistas prefirieron la barra con 30% de sustitución de *Phaseolus vulgaris*, lo que favorece los criterios de formulación establecidos.

Una vez seleccionado el porcentaje de sustitución de *Phaseolus vulgaris* en la barra de cereales, se procedió a la caracterización química de la barra seleccionada y la barra utilizada como control. El contenido de proteínas fue significativamente mayor ($p \leq 0,05$) en la barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris*. Al elaborar las barras con una mezcla de cereales-leguminosa se busca incrementar la calidad de la proteína, y ofrecer un producto con una complementación aminocídica de alta calidad (13), además de su contenido. El contenido de grasa no presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las dos barras analizadas. Es de hacer notar que el contenido de grasa en las barras desarrolladas fue ligeramente alto, si se compara con algunas barras comerciales y es consecuencia de los ingredientes utilizados. Sin embargo, la grasa proveniente del ajonjolí, maní y el coco seco, empleados en su elaboración, es rica en ácidos grasos esenciales indispensables para el mantenimiento de una buena la salud (12).

Está demostrado que las dietas ricas en fibra dietética son efectivas en la reducción de los niveles de glucosa en sangre (6). La barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* presentó un contenido de fibra significativo para la merienda en la dieta de un adulto sano. Y más específicamente, un contenido de fibra soluble importante, que podría contribuir con la disminución de la velocidad de absorción de la glucosa. Baldeón-Chamorro (10) menciona que la fibra soluble tiene la propiedad de formar soluciones de gran viscosidad a nivel intestinal, en combinación con los ácidos urónicos intestinales. La acción combinada de las características de la fibra y las condiciones que se establecen en el medio intestinal durante la digestión, posibilitan dicho efecto.

Uno de los mecanismos propuestos para la reducción de los niveles de glucosa en sangre consiste en la viscosidad que proporcionan los polisacáridos, ocasionando un aumento en la resistencia de la difusión de los nutrientes al lumen del intestino delgado y, por tanto, una menor absorción a través de las paredes intestinales, lo que reduce la cantidad y velocidad de entrada del azúcar en el torrente circulatorio (21).

Adicionalmente, es un concepto probado que los β -glucanos presentes en la avena, contenida en la barra desarrollada, reduce la glucosa y la respuesta a la insulina en adultos, formando geles de alta viscosidad, retrasando el vaciado gástrico y/o la absorción intestinal, lo que resulta en respuestas glicémicas más bajas (22). Algunos autores señalan que el consumo de avena en forma de la hojuela entera u horneada entera favorece aun más dicha respuesta (1,22), como es el caso de la avena empleada en la elaboración de las barras desarrolladas, y favorecida con la incorporación de *Phaseolus vulgaris*, en la barra de cereales-leguminosa.

Para estudiar la relación causa-efecto de la fibra dietética sobre la glicemia, es importante considerar el almidón, cuya velocidad de digestión es afectada por las características inherentes y adquiridas de los alimentos. Está demostrado que la mayoría de las leguminosas promueven bajas respuestas glicémicas postprandiales y contienen cantidades apreciables de almidón resistente (1,8). En la barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* el contenido de almidón resistente resultó ser un 18,67% mayor que el contenido en la barra control, posiblemente debido a la incorporación de dicha leguminosa en la fórmula. Las semillas de leguminosas presentan propiedades estructurales, asociadas a la rigidez y resistencia de las paredes celulares del cotiledón, que pueden disminuir la susceptibilidad de sus componentes al ataque enzimático, factor determinante en la tasa de digestibilidad del almidón, tanto *in vitro* como *in vivo* (1,8).

Se ha postulado que una dieta rica en alimentos con IG alto induciría resistencia insulínica, al asociarse con mayores niveles insulinémicos en respuesta a una carga elevada de glucosa (5). La barra de cereales extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* presentó un IG calificado como Bajo (IG 49). Cervantes (24) utilizó una mezcla de harina de trigo y residuos industriales de guayaba deshidratada, adicionada con probióticos, en la formulación de una barra energética. El contenido de residuo de guayaba influyó directamente en la concentración de almidón total al ser estadísticamente menor ($p \leq 0.05$) con respecto al control y mayor en el contenido de almidón resistente, por la fracción no digerible presente en el residuo. La barra tuvo un índice glicémico de 58.1, clasificando como un alimento de bajo índice glicémico. Por todo lo anteriormente expuesto, se recomienda el consumo de alimentos ricos en fibra dietética, especialmente solu-

ble (6), y almidón resistente, para así controlar la velocidad con la que incrementa la concentración de azúcar en sangre, en beneficio de la salud.

Es importante calcular la carga glicémica de un alimento, ya que toma en cuenta el tamaño de la porción del alimentos. Es decir, para obtener el índice glicémico de la barra de cereales y extendida con 30% de *Phaseolus vulgaris* se utilizaron 80 g de barra, ya que estos contenían 50 g de carbohidratos, sin embargo para calcular la carga glicémica de la barra cereales-leguminosas se toma la porción calculada de 40g. Igualmente ocurrió con la barra control. La carga glicémica de ambas barras se ubicó en intermedia. La carga glicémica puede ser la misma en un alimento alto en carbohidratos y un índice glicémico bajo o en un alimento con bajo contenido de carbohidratos con un índice glicémico alto, debido a que se ajusta al tamaño de la porción (21). Sin embargo, mientras que los efectos de la glicemia postprandial pueden ser similares, los efectos metabólicos pueden ser diferentes en función de las células beta del páncreas, en las concentraciones de triglicéridos, ácidos grasos libres y sobre la saciedad (21, 22).

CONCLUSIÓN.

La barra de cereales con un 30% de sustitución con *Phaseolus vulgaris* formulada presenta una respuesta glicémica baja en pacientes sanos, lo que se traduce en un IG bajo y CG intermedia, asociada a un contenido de carbohidratos de absorción lenta. La barra desarrollada representa una propuesta de alimento beneficioso para la salud del consumidor

REFERENCIAS.

1. Björck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J, Asp N. Food affecting the digestion and absorption of carbohydrates. *Am J Clin Nutr.* 1994; 59(Suppl): 699S-705S.
2. Jenkins A, Jenkins D, Zdravkovic U, Wursch P, Vuk-san V. Depression of the glycemic index by high levels of b-glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *Euro J Clin Nutr.* 2002; 56: 622-628.
3. Brand-Miller J, Thomas M, Swan V, Ahmad Z, Petocz P, Colagiuri S. Physiological validation of the concept of glycemic load in lean young adults. *J Nutr.* 2003; 133: 2728-2732.
4. Wolever T, Jenkins D, Jenkins A, Josse R. The Glyce-

- mic Index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nutr.* 1991; 54:846-854.
5. Arteaga, A. El índice glicémico: una controversia actual. *Nutr. Hosp.* 2006; 21(2):55-60.
 6. Blair R, Henley E, Tabor A. Soy foods have low glyce- mic and insulin response indices in normal weight sub- jects. *Nutr J.* 2006; 35(5):1-10.
 7. Cassab M, Lajolo F, De Menezes E. Glycemic Index: Effect of food storage under low temperature. *Braz. Arch. Biol. Tech. Intern. J.* 2004; 47(4):569-574.
 8. Tovar J, Fernandez M, Blanco A. Digestibilidad in vitro del almidón en preparaciones cocidas y molidas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Interciencia.* 2005; 30(12): 780-783.
 9. Chiou S, Chen H, Jeng T, Sung J. Microstructures of starch granule, starch digestibilities and predicted glycaemic index of common bean mutants in Taiwan. *Int J Food Sci Tech.* 2011; 46: 1646-1653.
 10. Baldeón-Chamorro, E. Fibra dietética. Fundamento, Importancia y Aplicaciones. 1a Edición. Lima: Uni- versidad Nacional Agraria La Molina; 2007.
 11. Iñarritu M, Vega F. Las barras de cereales como ali- mento funcional en los niños. *Rev Mex Pediatr.* 2005; 68(1):8-12.
 12. Almeida-Dominguez N, Valencia M, Higuera-Ciapara I. Formulation of corn-based snacks with high nutritive value: biological and sensory evaluation. *J Food Sci.* 1990; 55(1):228-231.
 13. Bressani R. Factors influencing nutritive value in food grain legumes: Mucuna compared to other grain legu- mes. En: Food and feed from Mucuna: Current user and the way forward. Proceedings of an International Workshop. Tegucigalpa, Honduras; 2002. p 164-188.
 14. Mann J, Cummings J, Englyst H, Key T, Liu S, Ric- cardo G, Summerbell C, Uauy R, Van Dam R, Venn B, Vorster H, Wiseman M. FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition: Conclusions. *Euro J Clin Nutr.* 2007; 61(Suppl 1):S132-S137.
 15. Instituto Nacional de Nutrición (INN). Valores de re- ferencia de energía y nutrientes para la población ve- nezolana. Publicación N° 53. Serie de cuadernos azules. Caracas (Venezuela): Ministerio del Poder Po- pular para la Alimentación; 2000.
 16. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). Official Methods of Analysis. Washington D.C (USA): AOAC; 1990.
 17. Prosky L, Asp N, Scheweiser E, Devries J, Furda Y. Determination of insoluble, soluble, and total fibre in foods and food product. Interlaboratory study. *J Assoc Anal Chem.* 1992; 75:1017-1023.
 18. Goñi I, García-Alonso A, Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res.* 1997; 17:427-437.
 19. Goñi I, García-Díaz L, Mañas E., Saura-Calixto F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chem.* 1996; 56:445-449.
 20. Goñi I, Valentin-Gamazo C. Chickpea flour ingredient slows glycemic response to pasta in healthy volunte- ers. *Food Chem.* 2003; 81: 511-515.
 21. Torres y Torres N, Palacios-González B, Noriega- López L, Tovar-Palacio A. Índice glicémico, índice in- sulinémico y carga glicémica de bebidas de soya con un contenido alto y bajo en hidratos de carbono. *Rev. Invest. Clin.* 2006; 58(5):487-497.
 22. Hallfrisch J, Behall K. Mechanisms of the Effects of Grains on Insulin and Glucose Responses. *J Amer Coll Nutr.* 2000; 19(3): 320S-325S.
 23. Cervantes JN. Diseño y elaboración de una barra ener- gética aprovechando un residuo agroindustrial incor- porada con un probiótico (Tesis de Maestría). Distrito Federal (MX): Instituto Politécnico Nacional; 2011.

Recibido: 22-05-2013

Aceptado: 12-09-2013

Modificación de la glucemia en ayuno en adultos con diabetes mellitus tipo 2 después de la ingesta de refrescos de cola y de dieta en el Estado de Querétaro, México.

Olalde-Mendoza Liliana, Moreno-González Yazmín Esmeralda.

Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales – Instituto Mexicano del Seguro Social. Querétaro, México

RESUMEN. El objetivo del presente estudio fue comparar la modificación de la glucemia en ayuno en adultos con diabetes mellitus tipo 2 después de la ingesta de refrescos de cola y de dieta. Se realizó un ensayo clínico aleatorizado, en unidades clínicas del Instituto Mexicano del Seguro Social en Querétaro, México. Se incluyeron 80 pacientes con diabetes (media de peso 74.2 ± 13.66 , IMC 30.5 ± 4.305 , cintura 98.2 ± 12.9 y tiempo de evolución 3.8 ± 3.009) a los que se les pidió asistir con ayuno de 8 horas y sin tomar medicamentos antes de la prueba. Se dividieron en dos grupos de 40 sujetos, a los cuales se le midió glucosa capilar en ayuno y después de la ingesta de 200 ml de refresco light (con aspartame y acesulfame potásico) o normal (sin edulcorantes) se volvió a medir glucosa a los 10, 15 y 30 minutos. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba t de Student para grupos dependientes e independientes, X^2 y t pareada. Los niveles de glucosa capilar tuvieron a los 10 minutos -34.52 y -25.41% , a los 15 minutos -48.8 y -36.2% y a los 30 minutos 57.75 y 43.6% de diferencia absoluta y relativa respectivamente, con una $p=0.000$. En conclusión de acuerdo a lo observado, el refresco light con edulcorantes no aumenta la glucosa capilar, teniendo una diferencia significativa en su disminución del ayuno a los 30 minutos.

Palabras clave: Diabetes, refresco, refresco light, edulcorantes, glucosa.

SUMMARY. Modification of fasting blood glucose in adults with diabetes mellitus type 2 after regular soda and diet soda intake in the State of Querétaro, México. The objective of the study was to compare the modification of fasting blood glucose in adults with diabetes mellitus type 2 after intake of regular soda and diet soda. We conducted a randomized clinical trial in clinics of Instituto Mexicano del Seguro Social in Querétaro, México. We included 80 patients with diabetes (mean weight 74.2 ± 13.66 , BMI 30.5 ± 4.305 , waist 98.2 ± 12.9 and time evolution of diabetes 3.8 ± 3.009) who were asked to come with fasting for 8 hours and without taking any medicine before testing. They were divided into two groups of 40 subjects, to whom was measured fasting blood glucose after the ingestion of 200 ml of diet soda (with aspartame and acesulfame potassium) or regular soda (without sweetener) we measure glucose at 10, 15 and 30 minutes. For statistical analysis performed we used Student's t-test for dependent and independent samples, and paired t-test, and chi square test (X^2). Capillary glucose levels at 10 minutes were -34.52 and -25.41% , at 15 minutes -48.8 and -36.2% and at 30 minutes 57.75 and 43.6% of absolute and relative differences, with $p=0.000$. In conclusion, according to the observations, diet soda doesn't increased blood glucose levels, with a significant difference in fasting decreased at 30 minutes.

Key words: Diabetes, soda, diet soda, sweetener, glucose.

INTRODUCCIÓN

En México, la diabetes mellitus tipo 2 es una de las principales causas de morbilidad, pues constituye la primera causa de muerte a nivel Nacional y se estima que su tasa de mortalidad crece 3% cada año (1). En el 2012, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) informó que la prevalencia a nivel nacional, de diabetes tipo 2 por diagnóstico médico fue de 9.2%, mostrando un incremento en comparación con el año 2000 (5.8%) y 2006 (7%) (2). Se caracteriza por hiperglucemias crónicas, resistencia a la insulina, anormalidades en la secreción de la insu-

lina y glucagón, así como en la captación de glucosa por el hígado y tejido periférico (3,4). Es una enfermedad crónico-degenerativa donde el control se alcanza y mantiene mediante el tratamiento farmacológico, actividad física y adecuada alimentación. Por ello, la dieta juega un papel fundamental en el pronóstico del paciente (6 y 7). El consumo de bebidas endulzadas con azúcar se ha asociado a muchas complicaciones tales como sobrepeso o diabetes mellitus tipo 2 y por esta razón, se han propuesto a los edulcorantes como una alternativa para disminuir la densidad energética en alimentos y bebidas. No cabe duda que remplazar bebidas calóricas con edulcorantes

reduce la ingesta de energía, pero su beneficio en la pérdida de peso o en el control de glucemia son inciertos a pesar de su alta prevalencia de consumo por la población en general y de las personas con diabetes (8-10). Por ello, el objetivo general de esta investigación fue comparar la modificación de la glucemia en adultos con diabetes mellitus tipo 2 después de la ingesta de bebidas con edulcorantes, con el fin de evaluar sus efectos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado en el Estado de Querétaro (México), en unidades clínicas pertenecientes al sistema nacional de seguridad social del Instituto Mexicano del Seguro Social (I.M.S.S.), con individuos diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2 en el período de Agosto 2010-Agosto 2011. Los recursos materiales utilizados para el ensayo clínico fueron glucómetros, lancetas ajustables, tiras reactivas (marca Bayer. Glucómetro, tiras reactivas y lancetas Ascencia Countour de Bayer), báscula, estadímetro, cinta métrica y refresco normal y de dieta o light (marca coca-cola) donde los edulcorantes utilizados en la bebida light son aspartame y acesulfame potásico (40 mg/100g). Se ha reportado que los edulcorantes son endulzantes potentes no nutritivos, su aporte energético es mínimo y no afectan los niveles de insulina o glucosa sérica, por lo anterior el aspartame y acesulfame potásico contenido en el refresco light es seguro (11).

El tamaño de muestra se obtuvo mediante la fórmula para dos proporciones ($n=80$ pacientes), la selección de los pacientes fue por cuota y la selección de la intervención fue muestreo probabilístico aleatorizado. Los 80 pacientes fueron divididos en dos grupos: 1) experimental, conformado por 40 pacientes quienes consumían el refresco de dieta y 2) control, conformado por 40 pacientes quienes consumían el refresco de cola normal.

Los criterios de inclusión que se tomaron en cuenta fueron: personas con diabetes mellitus tipo 2 con menos de 10 años de evolución, glucosa capilar en ayuno menor a 200 mg/dl, sin retinopatía, nefropatía o complicaciones de diabetes, no insulino dependientes, de 30 a 65 años de edad, con un ayuno de 8 horas, sin la toma de medicamentos el día de la prueba y con un índice de masa corporal (IMC) de 25 a 39.9 kg/m². Los criterios de exclusión fueron mujeres embarazadas

y personas con uso de esteroides. Los criterios de eliminación fueron deserción de los individuos a realizar alguna de las punciones y la presencia de emesis después del consumo de la bebida. Las variables que se estudiaron fueron el tipo de refresco (normal o light), el sexo, la edad, el tiempo de evolución de la diabetes mellitus, nivel de escolaridad, los medicamentos consumidos para control de enfermedades, antecedentes personales y heredofamiliares, el tipo, frecuencia e intensidad del ejercicio que se realiza, las medidas antropométricas (peso, talla, IMC, circunferencia de cintura), la glucosa (en ayunas y a los 10, 15 y 30 minutos) y los síntomas durante la prueba.

Bajo consentimiento informado, se tomaron medidas antropométricas al inicio de la prueba y posteriormente glucemia capilar. Mediante sorteo aleatorio, a cada individuo se le dio a ingerir 200 ml de refresco de cola normal o de dieta, el cual debía ser consumido en menos de 2 minutos. A continuación se tomó glucemia capilar a los 10, 15 y 30 minutos, tiempo en el cual se recolectaron datos mediante una historia clínica. El paciente debió permanecer sentado durante la prueba.

Se utilizó el programa SPSS versión 9 para el análisis estadístico. Las variables cualitativas se describieron en tablas de frecuencia y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se representaron en tablas de frecuencia, porcentaje, media y estándar. Se utilizó estadística inferencial con las pruebas de hipótesis para diferencia de porcentaje por medio de la X^2 . Para las diferencias de medias de grupos independientes se utilizó la prueba de t de Student y para las diferencias de medias de grupos dependientes se utilizó la prueba de t de Student pareada. Todas las pruebas tuvieron un nivel de confianza $p < 0.05$.

RESULTADOS

Predominó el sexo femenino en un 78.8%. La edad media fue de 49.3±9.06 años, el mínimo de edad fue de 30 años y el máximo de 65 años. La media de peso fue de 74.2±13.66, la de talla fue de 1.55±0.09, la del IMC fue de 30.5±4.305, la de la cintura fue de 98.2±12.9 y la del tiempo de evolución de diabetes mellitus fue de 3.8±3.009. Las características sociodemográficas (edad, sexo, estado civil, escolaridad, ejercicio realizado), antropométricas (peso, talla e IMC), clínicas (antecedentes heredofamiliares, ante-

cedentes personales patológicos, tiempo de evolución de la diabetes, alergias y toxicomanías), farmacológicas (tratamiento para diabetes mellitus, hipertensión, dislipidemias, de otras enfermedades y consumo de vitaminas) y de glucosa en ayuno de los participantes no presentaron diferencia significativa.

En ambos grupos predominó el sexo femenino, estado civil casado y escolaridad educación básica. En el grupo 1 y 2, la mayor cantidad de sujetos realizan una rutina de ejercicio (definida como ejercicio de 30

minutos, tres veces a la semana como mínimo). No se presentó diferencia significativa en cuanto a la presencia de síntomas posteriores a la toma de refresco light o normal (Tabla 1).

En relación a las características clínicas, se presentó mayor prevalencia de antecedentes heredo-familiares de diabetes mellitus en el grupo 1, mientras que en el grupo 2 fue de hipertensión y diabetes mellitus (Figura 1). No se encontró una diferencia significativa en la prevalencia de los antecedentes patológicos en

TABLA 1. Características socio-demográficas de los participantes.

| | | Grupo 1 (%) | Grupo 2 (%) | <i>p</i> |
|----------------------|---------------------|-------------|-------------|----------|
| Sexo | Masculino | 20.0 | 22.5 | 0.785* |
| | Femenino | 80.0 | 77.5 | |
| Estado civil | Soltero | 10.0 | 10.0 | 0.566* |
| | Casado | 65.0 | 75.0 | |
| | Otros | 25.0 | 15.0 | |
| Escolaridad | Analfabeta | 15.0 | 07.5 | 0.861* |
| | Educación básica | 42.5 | 55.0 | |
| | Educación media | 15.0 | 12.5 | |
| | Educación superior | 27.5 | 25.0 | |
| Edad agrupada | 30-39 | 10.0 | 15.0 | 0.904* |
| | 40-49 | 45.0 | 40.0 | |
| | 50-59 | 30.0 | 27.5 | |
| | 60-69 | 15.0 | 17.5 | |
| Ejercicio | No | 50.0 | 57.5 | 0.537* |
| | Si | 50.0 | 42.5 | |
| Síntomas posteriores | No | 95.0 | 87.5 | 0.483* |
| | Sí, dolor abdominal | 02.5 | 05.0 | |
| | Sí, náusea | 02.5 | 07.5 | |

* Prueba de X² con un nivel de confianza de 95%. Grupo 1: Refresco light, Grupo 2: Refresco normal.

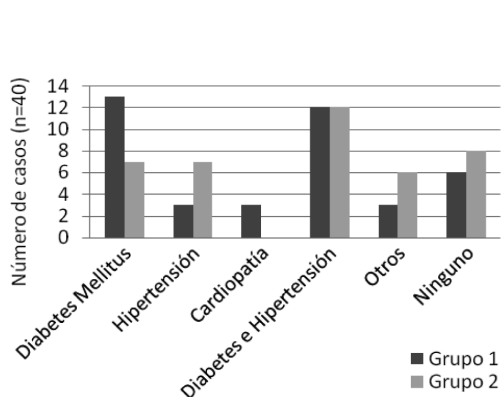


FIGURA 1. Antecedentes heredo-familiares de los participantes.

* Prueba de X² con un nivel de confianza de 95%. Grupo 1: Refresco light, Grupo 2: Refresco normal.

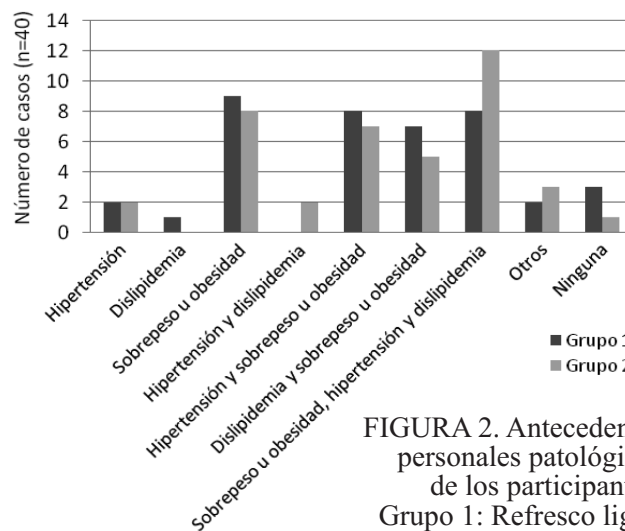


FIGURA 2. Antecedentes personales patológicos de los participantes. Grupo 1: Refresco light, Grupo 2: Refresco normal.

los pacientes (sobrepeso, obesidad, hipertensión y dislipidemias), así como en los antecedentes de alergias y toxicomanías (Figura 2 y Tabla 3).

El tratamiento que presentó mayor prevalencia para control de diabetes mellitus fue metformina. En el consumo de otros medicamentos, vitaminas o minerales no hubo diferencia significativa entre los dos grupos.

Los niveles de glucosa capilar en ayuno en el grupo experimental tuvieron una media de 137.75 mg/dl y en el grupo control de 146.55 mg/dl, $p=0.288$, los niveles de glucosa capilar a los 10 minutos tuvieron una diferencia absoluta de 34.52 mg/dl y una relativa de 25.41%, $p=0.000$, los niveles de glucosa capilar a los 15 minutos tuvieron una diferencia absoluta de 48.8 mg/dl y una relativa de 36.2%, $p=0.000$ y los niveles de glucosa capilar a los 30 minutos tuvieron una diferencia absoluta de 57.75 mg/dl y una relativa de 43.6%, $p=0.000$. No existió una diferencia significativa en la glucosa en ayuno entre ambos grupos. Sin embargo si existió diferencia significativa entre la glucosa en ayuno del grupo 1 y la glucosa a los 30 minutos, con una diferencia absoluta de -5.27 mg/dl y una diferencia relativa de -3.82%. En el grupo 2 existió diferencia significativa entre la glucosa en ayuno y la glucosa a los 30 minutos, con una diferencia absoluta

de 43.57 mg/dl y una diferencia relativa de 29.72%. (Tabla 4).

DISCUSIÓN

El consumo de bebidas azucaradas (refresco) y de bebidas con edulcorantes es frecuente (12). Desde que los edulcorantes fueron aprobados por la FDA (*Food and Drug Administration*), sus beneficios metabólicos han sido cuestionados. Mientras que algunas investigaciones apoyan la idea de que son metabólicamente activos (13-16) otras determinan que no afectan la homeostasis de la glucosa en individuos (17-21).

Maki en su estudio del 2009 sobre efectos de los edulcorantes en las concentraciones de glucosa en pacientes obesos, (22) encontró que no había diferencia en las concentraciones de glucosa después de la ingesta de edulcorantes artificiales solo o en combinación con fructuosa. En el presente estudio se encontró que sí existe diferencia significativa entre la glucosa en ayuno y la glucosa a los 30 minutos con la toma de refrescos light, con una disminución de 137.75 mg/dl a 132.38 mg/dl representando una diferencia absoluta de 5.27 mg/dl.

Henry en el 2009 (23), encontró que los sujetos que consumían bebidas con índice glucémico bajo (con edulcorante) en comparación con los que tomaban bebidas basadas en sacarosa, reducían significativamente la concentración de glucosa. Al igual que en este estudio se encontró una disminución de la glucemia con la bebida de edulcorante.

En contraste, hay estudios que toman en cuenta otros factores y utilizan otros métodos, pero concluyen que las bebidas de dieta o con edulcorantes no son benéficos para la población, como Macenzie, quien en el 2006 (24) encontró que en adultos con diabetes que tenían uno o más tragos de refresco de dieta por día, su nivel de hemoglobina glico-

TABLA 2 Características antropométricas de los participantes.

| | | Grupo 1 (%) | Grupo 2 (%) | p |
|----------------|---------------|-------------|-------------|--------|
| Talla agrupada | 1.40 – 1.60 m | 75.0 | 75.0 | 0.482* |
| | 1.61 – 1.80 m | 22.5 | 25.0 | |
| | 1.81 – 1.90 m | 02.5 | 00.0 | |
| IMC agrupado | 21 - 24.9 | 07.5 | 10.0 | 0.312* |
| | 25 – 29.9 | 40.0 | 60.0 | |
| | 30 – 34.9 | 30.0 | 25.0 | |
| | 35 – 39.9 | 17.5 | 07.5 | |

* Prueba de X² con un nivel de confianza de 95%. Grupo 1: Refresco light, Grupo 2: Refresco normal.

TABLA 3. Características clínicas de los participantes

| | | Grupo 1 (%) | Grupo 2 (%) | p |
|-------------------------|-----------|-------------|-------------|--------|
| Antecedentes de alergia | Sí | 12.5 | 17.5 | 0.504* |
| | No | 87.5 | 82.5 | |
| Toxicomanías | Sí | 30.0 | 22.5 | 0.868* |
| | No | 70.0 | 77.5 | |
| Evolución de diabetes | 1-5 años | 67.5 | 80.0 | 0.204* |
| | 6-10 años | 32.5 | 20.0 | |

* Prueba de X² con un nivel de confianza de 95%. Grupo 1: Refresco light, Grupo 2: Refresco normal.

TABLA 4. Comparación de la modificación de glucosa en ayuno, a los 10 minutos, 15 minutos y 30 minutos por grupo.

| Variable | Grupo 1. | Grupo 2. | Diferencia de medias | Diferencia de medias relativa (%) | p |
|-----------------|---------------|---------------|----------------------|-----------------------------------|--------|
| | Media (mg/dl) | Media (mg/dl) | Absoluta (mg/dl) | | |
| Glucosa ayuno | 137.75 | 146.55 | 8.8 | 6.38 | 0.288* |
| Glucosa 10 min. | 135.83 | 170.35 | 34.52 | 25.41 | 0.000* |
| Glucosa 15 min. | 134.8 | 183.63 | 48.8 | 36.2 | 0.000* |
| Glucosa 30 min. | 132.38 | 190.13 | 57.75 | 43.6 | 0.000* |

* t de Student pareada con un nivel de confianza del 95% Grupo 1: Refresco light, Grupo 2: Refresco normal.

silada (HbA1c) fue de 0,7 unidades mayor en comparación con aquellos que no bebieron ninguno; Mace en el 2007 (25) encontró que en ratas, los edulcorantes artificiales aumentan la absorción de glucosa o azúcar durante una comida, por lo tanto, son nutricionalmente activos. A diferencia de ellos, en esta investigación se encontró que la glucosa capilar posprandial a los 30 minutos disminuye, pero no se tomó en cuenta HbA1c y se contempló sólo el consumo de la bebida en ayuno sin combinar con otros alimentos mediante la toma de glucosa capilar.

Los efectos de los edulcorantes son inciertos, Koning en su estudio del 2012 (26), refiere que los efectos de bebidas con edulcorantes son inciertos y no claros. En el 2009, Ma J (27) comprobó que la glucosa en sangre sólo aumenta en respuesta de la sacarosa y no de la sucralosa. Nuestro estudio indica que la glucosa en sangre sólo aumenta en presencia de azúcares (indicados en la etiqueta del refresco de cola normal) y no en presencia de edulcorantes (aspartame y acesulfame potásico) pero no se tomó en cuenta la sucralosa.

En este estudio, se presentaron síntomas posteriores como dolor abdominal y náuseas durante la toma del refresco en el 5% de las personas que consumieron la bebida light y en un 12.5% de los que consumieron la bebida normal. Sin embargo, no existe literatura donde se mencionen síntomas después de la ingesta de estas bebidas.

CONCLUSIONES

El refresco normal en personas con diabetes mellitus tipo 2 tuvo el incremento esperado en la glicemia capilar, mientras que el refresco light con edulcorantes (aspartame y acesulfame potásico) tuvo una disminución. Esto indica que a nivel capilar y a corto plazo, el

impacto de los edulcorantes se presenta como una disminución en la glucemia, la cual puede deberse al tiempo transcurrido sin consumo de alimento o al posible efecto de fármacos hipoglucemiantes consumidos el día anterior.

Los efectos de los edulcorantes aún son desconocidos, por lo que resulta prematuro anunciar estas bebidas benéficas para las personas con diabetes mellitus. Se concluye que se requiere mayor evidencia para conocer el verdadero impacto sobre la glucemia. Es importante un estudio con pruebas más precisas como la glucosa plasmática y/o tomando en cuenta hemoglobina glicosilada, así como medir un grado de exposición más prolongado a los edulcorantes y observar sus efectos a nivel metabólico en individuos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Mexicano del Seguro Social quién proporcionó el material para llevar a cabo la investigación, jefes de investigación en salud de cada una de las clínicas del instituto, quienes permitieron efectuar la investigación dentro de las instalaciones, en especial al doctor Jorge Velázquez Tlapanco y a las licenciadas en nutrición Diana Aguirre Silva y Adriana Saray Jiménez Cruz, quienes hicieron grandes contribuciones en la investigación. A nuestra Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales y profesores, por darnos los conocimientos necesarios para el desarrollo de este proyecto. Y finalmente a nuestras familias, que con su apoyo hemos logramos realizar nuestros proyectos profesionales.

REFERENCIAS

1. Rios C, Sánchez S, Barrios S, Guerrero S. 2004. Cali-

- dad de vida en pacientes con diabetes Mellitus tipo 2. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 42(2): 109-116.
2. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. (ENSANUT) 2012. Editores Teresa Shamah Levy, Salvador Villalpando Hernández, Juan Ángel Rivera Dommarco. Instituto Nacional de Salud Pública. Morelos, México.
 3. Norma Oficial Mexicana Para La Prevención, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus en la Atención Primaria. NOM-015-SSA2-1994.
 4. ADA. 2010. Standards of Medical care in Diabetes. *Diabetes Care.* 33(1): S1-S99.
 5. Kuri P, Álvarez C, Lavalle F, González A, Ríos J, González D y col. 2007. La Diabetes Mellitus entendida como una enfermedad cardiovascular de origen metabólico. *Rev Esp Cardiol.* 2(18):12-19.
 6. World Health Organization. 1999. Definition, Diagnosis and classification of Diabetes Mellitus and its complications: Report of a WHO Consultation. Part 1. Geneva: World Health Organization.
 7. Conget I. 2002. Diagnóstico, clasificación y patogenia de la Diabetes Mellitus. *Rev Esp Cardiol.* 55(5):528-535.
 8. Swithers, S. E. (2013). Artificial sweeteners produce the counterintuitive effect of inducing metabolic derangements. *Trends in Endocrinology & Metabolism.* 24(9): 431-441
 9. Hinson A, Nicol V. 1992. Monitoring sweetener consumption in Great Britain. *Food Addit Contam.* 9(6):669-681.
 10. Barquera S, Campirano F, Bonvecchio A, Hernández L, Rivera J, Popkin B. 2010. Caloric beverage consumption patterns in Mexican children. *Nutr J.* 9(47): 1-10.
 11. Magnuson B, Burdock G, Doull J, Kroes R, Marsh G, Pariza M, Spencer P, y col. 2007. Aspartame: A Safety Evaluation Based on Current Use Levels, Regulations, and Toxicological and Epidemiological Studies. *Crit Rev Toxicol.* 37: 629-727.
 12. Nettleton J, Lutse P, Wang Y, Lia J, Michos E, Jacobs D. 2009. Diet soda intake and risk of incident metabolic syndrome and type 2 diabetes in the Multi-Ethnic Stud of Atherosclerosis (MESA). *Diabetes Care.* 32(4): 688-694.
 13. Brown, R. J., BANATE, M. A., & Rother, K. I. (2010). Artificial sweeteners: a systematic review of metabolic effects in youth. *International Journal of Pediatric Obesity,* 5(4): 305-312.
 14. Ma, J., Bellon, M., Wishart, J. M., Young, R., Blackshaw, L. A., Jones, K. L. & Rayner, C. K. (2009). Effect of the artificial sweetener, sucralose, on gastric emptying and incretin hormone release in healthy subjects. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology,* 296(4): G735-G739.
 15. Brown R, Walter M, Rother, K. 2009. Ingestion of Diet Soda Before a Glucose Load Augments Glucagon-Like Peptide-1 Secretion. *Diabetes Care.* 32 (12): 2184-2186.
 16. Renwick A, Molinary S. 2010. Sweet-taste receptors, low-energy sweeteners, glucose absorption and insulin release. *Brit J Nutr.* 104(10): 1-6.
 17. Grotz, V. L., Henry, R. R., McGill, J. B., Prince, M. J., Shamoon, H., Trout, J. R., & Pi-Sunyer, F. X. (2003). Lack of effect of sucralose on glucose homeostasis in subjects with type 2 diabetes. *J Amer Dietetic Assoc,* 103(12), 1607-1612.
 18. Macenzie T, Bros B, O'Connor G. 2006. Beverage intake, diabetes, and glucose control of adults in America. *Ann Epidemiol.* 16(9): 688-691.
 19. Renwick A. 2006. The intake of intense sweeteners. *Food Addit Contam.* 23(4):327-338.
 20. Hinson A, Nicol V. 1992. Monitoring sweetener consumption in Great Britain. *Food Addit Contam.* 9(6):669-681.
 21. Cullen M, Nolan J, Molone M, Kearney J, Lambe, Gibney M. 2004. Effect of high levels of intense sweetener intake in insulin dependent diabetics on the ratio of dietary sugar to fat: a case-control study. *Eur J Clin Nutr.* 58:1336-1341.
 22. Maki K, Kanter M, Rains T, Hess S, Geohas J. 2009. Acute effects of low insulinemic sweeteners on postprandial insulin and glucose concentrations in obese men. *Int J Food Sci Nut.* 60(3): 48-55.
 23. Henry C, Newens K, Lightowler H. 2009. Low-glycaemic index sweetener-based beverages reduce 24-h glucose profiles in healthy adults. *J Hum Nutr Diet.* 22:77-80.
 24. Macenzie T, Bros B, O'Connor G. 2006. Beverage intake, diabetes, and glucose control of adults in America. *Annals of Epidemiology.* 16(9): 688-691.
 25. Mace O, Affleck J, Patel N, Kellett G. 2007. Sweet taste receptors in rat small intestine stimulate glucose absorption through apical GLUT2. *J Phycol.* 582(1): 379-392.
 26. Koning L, Malik V, Kellogg M, Rimm E, Willet W, Hu F. 2012. Sweetened beverage consumption, incident coronary heart disease, and biomarkers of risk in men. *Circulation.* 125: 1735-1741.
 27. Ma J, Bellon M, Wishart J, Young R, Blackshaw A, Jones K, et al. 2009. Effect of the artificial sweetener, sucralose, on gastric emptying and incretin hormone release in healthy subjects. *Am J Physiol-Gastr L.* 296(4): G735-G739.

Recibido: 26-05-2013

Aceptado: 23-09-2013

Prediabetes y diabetes sin asociación con obesidad en jóvenes mexicanos

Juan Manuel Muñoz Cano, Juan Córdova Hernández, Heidi Mayo, Xavier Boldo León

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias de la Salud
Hospital Regional de Alta Especialidad del Niño “Dr. Rodolfo Nieto Padrón”. Tabasco. México

RESUMEN. El propósito de este estudio fue identificar la prevalencia de prediabetes y diabetes en jóvenes e nuevo ingreso a una universidad y la relación de estos datos con los índices antropométricos. Participaron 3559 estudiantes, 2257 (61,43%) mujeres (\bar{X} 18,58 años) y 1725 (36,59%) hombres (\bar{X} 18,76 años). Se midieron los índices de masa corporal, cintura cadera y cintura talla. Se determinaron glucosa en ayunas, triglicéridos, colesterol total y lipoproteínas de baja y alta densidad. Se hicieron pruebas de razón de posibilidades (RP) y de intervalo de confianza al 95%. Hubo una elevada proporción de sobrepeso-obesidad combinados, 42,29% de mujeres y 52,45% en hombres. Se encontró que $\pm 10\%$ de mujeres y hombres presentaron glucosa $\geq 5,6$ mmol/L (prediabetes) y que $\pm 1,5\%$ de mujeres y hombres tuvo glucosa ≥ 7 mmol/L (diabetes) sin que se encontrara relación entre este dato y el índice de masa corporal (RP 0,97 para mujeres y 1,08 para hombres), cintura cadera (RP 1,7 en mujeres y 0,8 en hombres) o cintura talla (RP 1,1 en mujeres y 1,19 en hombres). Hubo triglicéridos elevados en 13,55% de mujeres y 21,04% de hombres y nivel bajo de lipoproteínas de alta densidad en 16% de mujeres y 10% de los hombres. Se encontró que en estos jóvenes la capacidad predictiva de los tres parámetros antropométricos se limitó a triglicéridos en mujeres y hombres (RP 2,4 en mujeres y 3,86 en hombres) y lipoproteínas de alta densidad disminuidas en mujeres (RP 0,42).

Palabras clave: Diabetes en jóvenes, Índice de Masa Corporal, Índice Cintura Cadera, Índice Cintura Talla, México.

SUMMARY. Pre-diabetes and diabetes without association with overweight or obesity in Mexican youth. The purpose of this study was to identify the prevalence of prediabetes and diabetes in young in new college students and the relationship of these data with anthropometric indexes. 3559 students took part, 2257 (61,43 %) women (\bar{X} 18,58 years) and 1725 (36,59%) men (\bar{X} 18,76 years). Body mass index were measured up as well as waist hip ratio and waist height ratio. Fasting blood glucose, triglycerides, total cholesterol, low and high density lipoproteins were determined. Odds ratio (OR) and 95% confidence intervals were determined. There was a high proportion of overweight-obesity combined, 42,29% women and 52,45% men. They were found $\pm 10\%$ of women and men that presented glucose $\geq 5,6$ mmol/L (prediabetes) and $\pm 1\%$ of women and men that had glucose ≥ 7 mmol/L (diabetes). No relationship was found between this data and body mass index (OR 0,97women and 1.08 men), waist hip ratio (OR 1,7 women and 0.8 men) or waist height ratio (OR 1,1 women and 1.19 men). There was elevated triglycerides in 13,55% of women and 21,04% of men and a low level of high density lipoprotein in 16% of women and 10% of men. We found that in these young people the predictive power of the three anthropometric parameters was limited to triglycerides in women and men (OR 2,4 and 3.86) and low high density lipoproteins in women (OR 0,42).

Key words: Type 2 diabetes, Body Mass Index, Waist Hip Ratio, Waist to Height Ratio, Diabetes in youth, México.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónicas no transmisibles asociadas al sobrepeso y la obesidad son el principal problema de salud a nivel global. En conjunto conforman la primera causa de muerte pues se estima que son responsables del 65% de los decesos en el mundo (1), cifra que se incrementa a 75% en América Latina (2). Así, diabetes mellitus de tipo 2 que en 1931 causó 1% de los fallecimientos en México, pasó a 5,8% en 2001 (3), de allí rápidamente a 11,85% en 2007 (4) y en

2012 se consideró la primera causa de muerte. De manera paralela al aumento de la prevalencia de diabetes en México —es de 14% de la población ≥ 20 años (4)— se han observado disminuciones importantes en el consumo de alimentos que antes eran de la vida cotidiana y su sustitución por alimentos industrializados modernos por lo que la modificación de los patrones de alimentación parece ser el principal factor de la pandemia (5).

Sea factor de riesgo para diabetes o un problema por sí mismo, el sobrepeso y la obesidad combinadas

han aumentado en la población infantil y juvenil. El aumento de la masa corporal de la población juvenil mexicana es tres veces la de 1999 (6); la proporción de adolescentes de 12 a 19 años con sobrepeso y obesidad combinados en la Encuesta Nacional de Salud y Alimentación de 2012 fue de 33,2% (7). A consecuencia o como fenómeno paralelo, la prevalencia de prediabetes y diabetes en jóvenes van en aumento (8-9). Lo que anteriormente era enfermedad rara en los niños y jóvenes se ha convertido en un problema de salud pública sobre todo porque significa disminución de la calidad de vida y los costos derivados de las consecuencias de la enfermedad en población económicamente activa.

Aunque numerosos estudios vinculan la diabetes mellitus de tipo 2 a la obesidad en jóvenes, se han observado grupos en los cuales no necesariamente las anomalías en el metabolismo de la glucosa se relacionan con el volumen corporal. Para la población mexicana, tener el peso deseable (índice de masa corporal [IMC] entre 18,5 y 24,9 kg/m² para mujeres con estatura ≥ 1.5 m y hombres $\geq 1,6$ m; entre 18,5 y 22,9 para mujeres con estatura $\leq 1,5$ m y hombres $\leq 1,6$ m) no significa la ausencia de factores de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles en general y diabetes mellitus en particular. En grupos de población de adultos con IMC entre 22 y 24 kg/m² se encontraron datos anómalos en la determinación de glucosa y perfil de lípidos, entre otros marcadores que se utilizan para identificar factores de riesgo (3). En otros estudios se ha mostrado que la medida de la cintura así como los índices cintura cadera y cintura talla son indicadores de riesgo más preciso en algunos grupos étnicos para evaluar el riesgo de desarrollar glucosa alterada en ayunas o prediabetes y diabetes (10-13). Esto sustenta la hipótesis de que los factores de riesgo, sobre todo para diabetes, están presentes en personas que se encuentran dentro de los límites del IMC considerado deseable, por lo que esta investigación se orientó a identificar la presencia de prediabetes y diabetes en un grupo de jóvenes mediante la evaluación antropométrica y de parámetros bioquímicos, así como la posibilidad de encontrar mayor potencia predictiva en otros índices diferentes del IMC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de cohorte, observacional,

analítico y transversal de septiembre a noviembre de 2011. Se colectaron datos de las características personales, antropometría, glucosa en ayunas y perfil de lípidos.

Participantes. Fueron 3559 estudiantes de nuevo ingreso a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), en el Sureste de México, 2040 mujeres (57%) y 1519 hombres (43%), inscritos en el ciclo escolar que inició en la tercera semana de agosto. La UJAT oferta licenciaturas donde existe predominio de asistencia femenina (por ejemplo: enfermería, nutrición) lo que explica la diferencia de porcentaje entre géneros. A los estudiantes, como parte del proceso habitual de inscripción, se les realizó una entrevista clínica que incluyó evaluación antropométrica, y se les tomó una muestra de sangre para efectuar análisis bioquímicos. Los estudiantes fueron informados acerca del estudio durante la entrevista clínica.

Antropometría. A los que aceptaron participar se les solicitó permitieran obtener datos de peso, estatura, perímetros de cintura y cadera. Para los datos de antropometría se contó con la colaboración de seis estudiantes de nutrición y uno de enfermería a quienes fueron previamente capacitados y para estandarizar la obtención de datos para estos procedimientos de acuerdo a los lineamientos de la WHO (14). Para la determinación del índice de masa corporal se empleó una balanza clínica con estadímetro de Básculas Nuevo León®, México, con capacidad para 200 kg. La balanza se calibró cada día durante el tiempo que se recibió a los estudiantes.

El índice de masa corporal (índice de Quetelet, IMC) se calculó según la expresión matemática $\text{masa/estatura}^2 = \text{kg/m}^2$ y se interpretó de acuerdo a la PROY-NOM-043-SSA2-2011 de México (15). Mujeres mayores de 1,5 m y hombres mayores de 1,6 m, peso bajo es $\leq 18,49$, eutrófico de 18,5 a 24,99, sobrepeso de 25 a 29,99, obesidad ≥ 30 . Mujeres menores de 1,49 m y hombres menores a 1,59 m: bajo peso $\leq 18,49$, eutrófico de 18,5 a 22,99, sobrepeso 23 a 24,99, obesidad $\geq 25,9$.

Para las medidas del perímetro de la cintura y cadera se emplearon cintas de fibra de vidrio milimétricas no extensibles con longitud de 1,80 m y anchura de 1 cm de Vitamex® México. Para la población de la zona geográfica la medida para la cadera deseable para mujeres es 80 cm y 90 para hombres (14). El índice cintura cadera (ICC) se calculó al dividir el perímetro

de la cintura entre la de la cadera, donde un valor de 0,85 para mujeres y 0,90 en hombres se consideró el límite de corte (16). El índice cintura-talla (ICT) se calculó como cintura/estatura donde un valor menor de 0,5 se considera deseable (14).

Parámetros bioquímicos. Las muestras de sangre de los participantes las obtuvo el personal del laboratorio de análisis clínicos de la UJAT posteriormente a un ayuno de 12 horas. Para ello se emplearon equipos estériles y la sangre se colectó en tubos Vacutainer® Serum (Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA). Una vez en el laboratorio se obtuvo el suero antes de 30 minutos de la obtención de la sangre, con el fin de evitar la glicólisis, mediante centrifugación a 3500 x g durante 3 minutos. En esa fracción de la sangre se midieron glucosa en ayuno (GA), colesterol total (CT), lipoproteínas de baja densidad (LBD), lipoproteína de alta densidad (LAD) y triglicéridos (TG), los cuales se determinaron mediante metodología analítica seca en el equipo automatizado VITROS® 250 (Ortho-Clinical Diagnostics Johnson & Johnson, Rochester, NY, USA).

La glucosa se evaluó de acuerdo a los criterios de la “NOM-015-SSA2-2010” (17) que son semejantes a los de la American Diabetes Association, donde sano < de 5,5, glucosa alterada en ayunas (prediabetes) de 5,6 a 6,9 mmol/L y diabetes \geq 7 mmol/L. Para evaluar los niveles de colesterol se utilizaron los criterios de la “NOM-037-SSA2-2012” (18), y de la National Cholesterol Program Adult Treatment Panel III, 2005. TG se consideró deseable \leq 1,68 mmol/L, borderline 1,69 a 2,25 mmol/L, y alto \geq 2,26 mmol/L. Los valores de CT deseable son \leq 4,39 mmol/L, borderline bajo 4 a 4,3, borderline alto de 4,4 a 5,16, y alto \geq 5,17. Se consideró anormal cualquier valor de lipoproteínas de alta densidad (LAD) \leq de 0,9 mmol/L. Las lipoproteínas de baja densidad (LBD) fueron calculadas utilizando la fórmula de Friedewald: LBD (mmol/L) = colesterol total - (TG/5) - LAD, donde óptimo \leq 2,83 mmol/L, borderline 2,84 a 3,35 mmol/L, alto \geq 3,36 mmol/L.

Análisis estadístico. Para el procesamiento de datos se utilizó la versión 15.0 del Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, Chicago, IL, USA). Para el análisis de los datos se utilizaron estadísticas descriptivas de tendencia central, así como tablas de contingencia. Se estimaron las frecuencias con 95% de intervalo de confianza para cada medida corporal y marcador bioquímico. Para evaluar el tamaño del efecto de los índices de masa corporal, cintura-cadera

o cintura-talla por arriba del límite de corte entre “deseable” y “en riesgo” en la posibilidad de la presencia de prediabetes o diabetes se realizó la prueba de razón de posibilidades (Odds ratio en inglés). Para determinar el poder predictivo de cada índice antropométrico se realizaron estudios de probabilidad de diferencias significativas y score z con software Minitab® (Minitab Inc., USA), donde se consideró significativo \geq 1,96.

Consideraciones éticas. El estudio contó con el aval del Comité de Investigación de la División de Ciencias de la Salud, con registro en la Secretaría de Investigación de la Universidad de Tabasco clave 2011-1232. El estudio cumplió con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Se apejó a lo dispuesto en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud de México, ya que no se produjo ningún daño físico ni moral inherente al estudio, y se salvaguardaron los datos con lo que se garantizó la confidencialidad de los datos de los participantes. Éstos contaron con la información suficiente sobre el estudio a través del consentimiento informado, su participación fue voluntaria y conforme a la fracción VIII, donde el participante tuvo libertad de retirarse en el momento que lo deseara.

RESULTADOS

Para evaluar la relación entre marcadores bioquímicos en sangre con los índices de masa corporal, cintura cadera y cintura talla, se analizaron los resultados de antropometría y marcadores bioquímicos a estudiantes de nuevo ingreso a la Universidad de Tabasco. Se seleccionó el rango de 18 a 21 años (\bar{X} 18,65 \pm 0,9), ya que aunque la Universidad admite estudiantes de otras edades, de esta manera se obtuvo la mayor hegemonía en este aspecto. Una vez hecha la selección se obtuvo la participación de 3559 estudiantes, 2257 (63,41%) mujeres y 1725 (36,59%) hombres.

La talla tuvo tendencia de dispersión pequeña, mujeres \bar{X} 1,6 DE 0,1 m y hombres 1,7 DE 0,01 m. Esto no sucedió con los pesos que tuvieron mayor dispersión, \bar{X} 60,8 kg SD 13,8 kg en mujeres y \bar{X} 72 kg DE 16,7 kg. Se encontró más mujeres (6,27%) que hombres (3,2%) con bajo peso, también más mujeres con peso eutrófico (50,93%) que hombres (31,13%) por lo que hubo más hombres (21,32%) que mujeres (15,09%) con obesidad (Tabla 1).

Los promedios del índice de masa corporal para

mujeres y hombres se encontraron muy cercanos al límite de corte entre peso eutrófico y sobrepeso una vez ajustados a la talla de acuerdo si medían menos de 1,5 m en el caso de las mujeres y 1,6 m en el de hombres. Los valores de la cintura de acuerdo a la estatura muestran una variación de cinco centímetros para cada género, que aumentó a siete para la cadera. Al realizar las evaluaciones de los índices cintura cadera y cintura talla se encontró que el promedio del cintura talla de los hombres (\bar{X} 0,56 95% IC 0,57-0,56) estuvo por arriba del límite de corte (Tabla 1).

Al evaluar los valores de los marcadores bioquímicos, los de glucosa fueron semejantes entre mujeres y

hombres, aunque hubo una amplia dispersión de los valores (mujeres \bar{X} 4,82 mmol/L 95% IC 4,86-4,79, hombres \bar{X} 4,87 mmol/L 95% IC 4,91-4,83). La determinación de triglicéridos presentó un valor mayor en hombres (\bar{X} 1,39 mmol/L 95% de intervalo de confianza [95% IC] 1,43-1,35) que en mujeres (\bar{X} 1,23 mmol/L 95% IC 1,26-1,21) lo que se relaciona con la mayor proporción de hombres con sobrepeso y obesidad, lo cual también podría explicar por qué los hombres tuvieron menor valor de las lipoproteínas de baja densidad (\bar{X} 1,19 mmol/L 95% IC 1,20-1,18) que las mujeres (\bar{X} 1,27 mmol/L 95% IC 1,28-1,26).

Al analizar los valores de glucosa en ayunas se encontró porcentajes semejantes de prediabetes y diabetes para hombres y mujeres independientemente del nivel del índice de masa corporal. Los estudios de probabilidad de diferencias significativas no las encontraron pues tuvieron valores semejantes, 26, 62 y 21,28 con score z de 0,33 y 0,26 cuando se comparó a quienes tenían el nivel de bajo peso con los de obesidad. Ya que se tenía interés en identificar un parámetro antropométrico que permitiera predecir la probabilidad de encontrar algún biomarcador elevado, se rela-

TABLA 1. Características de la población de estudio

| | Mujeres (n = 2040) \bar{X} (IC 95%) | Hombres (n = 1519) \bar{X} (IC 95%) |
|---------------------|--|--|
| Edad (años) | 18,58 (18,62 a 18,54) | 18,76 (18,80 a 18,71) |
| Talla (m) | 1,56 (1,57 a 1,56) | 1,67 (1,71 a 1,64) |
| Peso (kg) | 60,08 (60,67 a 59,51) | 71,73 (72,56 a 70,91) |
| IMC (> 1,50 y 1,60) | 24,52 (24,75 a 24,29) | 25,81 (26,11 a 25,52) |
| IMC (< 1,50 y 1,60) | 23,39 (23,97 a 22,82) | 24,02 (24,74 a 23,29) |
| ICC (> 1,50 y 1,60) | 0,76 (0,77-0,76) | 0,82 (0,82-0,81) |
| ICC (< 1,50 y 1,60) | 0,76 (0,77-0,75) | 0,80 (0,81-0,79) |
| ICT (> 1,50 y 1,60) | 0,47 (0,48-0,47) | 0,56 (0,57-0,56) |
| ICT (< 1,50 y 1,60) | 0,47 (0,48-0,46) | 0,44 (0,45-0,44) |

\bar{X} = media IC 95% = intervalo de confianza al 95%. IMC = índice de masa corporal, ICC = índice cintura cadera, ICT = índice cintura talla.

TABLA 2. Índice de masa corporal y marcadores

| | Mujeres (%) | | | | | Hombres (%) | | | | |
|------|-------------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|
| | GA | TG | CT | LBD | LAD | GA | TG | CT | LBD | LAD |
| B | | | | | | | | | | |
| Bajo | 90,6 | 93,8 | 82,8 | 19,5 | 7 | 92 | 88 | 92 | 48 | 4 |
| BL | 7,8 | 5,4 | 10,9 | 49,2 | 17,2 | 6 | 10 | 6 | 42 | 26 |
| Alto | 1,6 | 0,8 | 6,3 | 31,3 | 75,8 | 2 | 2 | 2 | 10 | 70 |
| E | | | | | | | | | | |
| Bajo | 88 | 89,3 | 82,8 | 20,3 | 13,2 | 88,1 | 87 | 88,5 | 32,7 | 9,4 |
| BL | 9,9 | 7,8 | 13,3 | 51,1 | 30,4 | 10,4 | 8 | 9,2 | 47,9 | 48,1 |
| Alto | 2,1 | 2,9 | 3,9 | 28,6 | 56,4 | 1,5 | 4 | 2,2 | 19,3 | 42,6 |
| S | | | | | | | | | | |
| Bajo | 89,2 | 81,8 | 86,1 | 20 | 23,8 | 87,5 | 73,4 | 89,9 | 26,4 | 11,6 |
| BL | 9,7 | 12,8 | 10,6 | 53,7 | 33,2 | 11,2 | 16,3 | 7,8 | 54,1 | 53,3 |
| Alto | 1,1 | 5,4 | 3,2 | 26,3 | 43,1 | 1,3 | 10,4 | 2,3 | 19,5 | 35,1 |
| O | | | | | | | | | | |
| Bajo | 87,4 | 73 | 79,6 | 17 | 27,4 | 87,3 | 53,7 | 86,1 | 25,3 | 18,5 |
| BL | 11 | 15,7 | 14,8 | 46,5 | 35,2 | 11,7 | 25 | 10,2 | 44,8 | 60,8 |
| Alto | 1,6 | 11,3 | 5,7 | 36,5 | 37,4 | 0,9 | 21,3 | 3,7 | 29,9 | 20,7 |

IMC = índice de masa corporal, B = bajo peso, E = eutrófico, S = sobrepeso, O = obesidad. BL = borderline. GA = glucosa en ayunas, TG = triglicéridos, CT = colesterol total, LBD = lipoproteínas de baja densidad, LAD = lipoproteínas de alta densidad. Para GA el valor medio es prediabetes y el alto diabetes. Para lípidos el valor medio es borderline y alto es de riesgo. Para LAD los valores altos, ≥ 50 mmol/L, tienen valor protector y los bajos, de riesgo, ≤ 35 mmol/L para mujeres y ≤ 40 mmol/L para hombres.

cionaron éstos con índice de masa corporal, cintura cadera y cintura talla. Para esto primero se distribuyeron los individuos de acuerdo a los niveles del índice de masa corporal en bajo peso, eutrófico, sobrepeso y obesidad (Tabla 2). Tal como ya se observa en la figura 1, la proporción de quienes tenían glucosa $\geq 5,6$ mmol/L y por consiguiente prediabetes o diabetes fue semejante para cada nivel, ± 10 y 1,5%, tanto en mujeres como en hombres.

Hubo hipertrigliceridemia en 13,55% de las mujeres y 21,4% de los hombres y se encontró relación de este dato en mujeres y hombres con el incremento de masa corporal. Esto se sustenta en que se obtuvo probabilidad de 99,9 y escore z de 8,526 para mujeres y 5,281 para hombres al comparar valores de triglicéridos entre los participantes de bajo peso contra los que tenían obesidad (Figura 1). Los triglicéridos se encontraron elevados en proporciones menores en mujeres que hombres con bajo peso, 6,3% y 12%, proporción que aumentó de acuerdo al volumen corporal hasta 27% y 46,3%, cuando se encontró obesidad.

Un dato semejante al de la glucosa en ayunas fue la proporción de quienes tuvieron colesterol total por arriba del nivel deseable, que fue $\pm 20\%$ en cada nivel, aunque en los hombres fue ligeramente mayor. Contrario a este dato, se encontró sólo $\pm 20\%$ de mujeres en el nivel deseable de lipoproteínas de baja densidad, lo cual fue diferente en los hombres, ya que 48% las tuvieron en el rango normal con índice de masa corporal en bajo peso, que disminuyó a 25% cuando presentaron obesidad. El riesgo representado por valores bajos de lipoproteínas de alta densidad se encontró en proporciones mayores a medida que aumentaba el volumen corporal, de 7 a 27% en mujeres y de 4 a 18% en hombres.

Los marcadores bioquímicos también se analizaron de acuerdo a los niveles deseables y altos de los índices de cintura

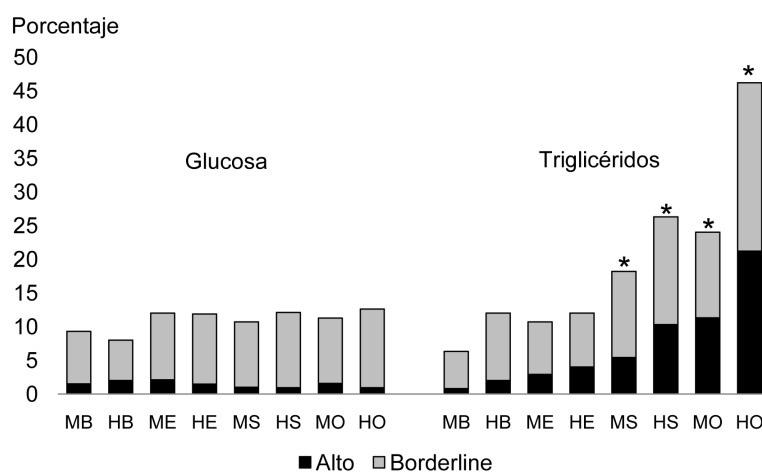


FIGURA 1. Asociación de índice de masa corporal con glucosa y triglicéridos

A la izquierda los valores de glucosa en ayunas.

El nivel borderline (gris) de 5,6 a 6,9 mmol/L es prediabetes.

Alto ≥ 7 mmol/L (negro) es diabetes. Triglicéridos a la derecha. Borderline 1,69 a 2,25 mmol/L (gris), y alto $\geq 2,26$ mmol/L (negro). M = mujeres, H = hombres. B = bajo peso, E = eutrófico, S = sobrepeso, O = obesidad. * cuando escore z > 1,96.

cadera y cintura talla (Tabla 3). De nuevo, no hubo diferencias importantes en los porcentajes de jóvenes con prediabetes y diabetes, tanto en mujeres como hombres. En las mujeres hubo una proporción mayor de hipertrigliceridemia cuando se les encontró por arriba del límite de corte, 14,2% cuando ICC < 0,85 y 26,96 cuando fue mayor, igual se encontró en hombres, 23,31% cuando < 0,90 y 45% cuando > 0,90. Al analizar este dato de acuerdo con ICT la proporción de hipertrigliceridemia cuando > 0.5 en mujeres fue 25,75% y en hombres 41,56%, que son semejantes a los encontrados de acuerdo al ICC. Hubo menos variación entre los diversos niveles de ambos parámetros y los valores promedio de las lipoproteínas de baja densidad, incluso se observaron cifras ligeramente más altas entre quienes tuvieron debajo de los límites de corte tanto en hombres como mujeres. Las lipoproteínas de alta densidad en valores bajos se relacionaron al aumento de ambos índices en mujeres pero no en hombres.

Para evaluar el poder predictivo de los diferentes parámetros se realizaron pruebas estadísticas de razón de posibilidades a los índices antropométricos para un valor anormal de los marcadores bioquímicos (Tabla 4). Se encontró que es posible esperar una mayor posibilidad de encontrar valores elevados de triglicéridos y menores de lipoproteínas de alta densidad en mujeres con cualquiera de los tres índices. Para los hombres sólo se encontró para triglicéridos. Para mujeres los índices cintura cadera y cintura talla fueron sensibles para colesterol alto. El cintura talla presentó mayor sensibilidad en hombres para cualquiera de las fracciones de lípidos pero no para glucosa en ayunas.

DISCUSIÓN

Esta investigación encontró que en una cohorte de jóvenes de nuevo ingreso a una universidad se observó una alta proporción de sobrepeso y obesidad, que en la idea general predice la posibilidad de encontrar niveles elevados de glucosa y lípidos en sangre. Aunque en México se han realizado estudios en grupos de jó-

venes, éstos incluyen niños y adolescentes (19-20) por lo que el rango de edades y cambios de la transición de la niñez a la adolescencia y a la adultez diluye la incidencia así como datos de volumen corporal y los marcadores bioquímicos. Este estudio muestra que en jóvenes se encuentran valores anormales de glucosa y colesterol en sangre de manera independiente al volumen corporal.

TABLA 3. Índices cintura cadera, cintura talla y marcadores

| | | Mujeres (%) | | | | | Hombres (%) | | | | |
|------|------|-------------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|
| | | GA | TG | CT | LBD | LAD | GA | TG | CT | LBD | LAD |
| ICC | Bajo | 88,9 | 86 | 84 | 20,2 | 16,4 | 87,8 | 76,7 | 88,5 | 29,7 | 11,7 |
| bajo | BL | 9,7 | 7,8 | 12,2 | 51,7 | 31,6 | 10,9 | 14,2 | 8,9 | 48,9 | 51,5 |
| | Alto | 1,4 | 4,2 | 3,8 | 28,1 | 52 | 1,3 | 9,1 | 2,6 | 21,4 | 36,8 |
| ICC | Bajo | 82,2 | 73 | 73 | 13,2 | 35,5 | 90 | 55 | 90 | 27,5 | 17,5 |
| alto | BL | 13,2 | 15,8 | 17,8 | 42,1 | 25 | 7,5 | 17,5 | 7,5 | 52,5 | 57,5 |
| | Alto | 4,6 | 11,2 | 9,2 | 44,7 | 39,5 | 2,5 | 27,5 | 2,5 | 20 | 25 |
| ICT | Bajo | 88,8 | 89 | 84,7 | 21,3 | 14,1 | 88,5 | 85,1 | 89,9 | 33,6 | 9,3 |
| bajo | BL | 9,6 | 8,1 | 11,7 | 51,6 | 30,6 | 10,2 | 10,3 | 8 | 48,7 | 48,3 |
| | Alto | 1,6 | 2,9 | 3,6 | 27,1 | 55,3 | 1,3 | 4,6 | 2,1 | 17,7 | 42,4 |
| ICT | Bajo | 87,2 | 74,2 | 79,3 | 15,3 | 28,1 | 86,6 | 57,7 | 85,8 | 21,6 | 17 |
| alto | BL | 10,8 | 16 | 15,1 | 49,2 | 32,3 | 12 | 22,5 | 10,6 | 49,5 | 58,5 |
| | Alto | 2 | 9,8 | 5,6 | 35,5 | 39,6 | 1,4 | 19,8 | 3,6 | 28,9 | 24,5 |

+ICC = índice cintura cadera, ICT = índice cintura talla. El índice cintura cadera bajo o deseable es menor de 0,85 para mujeres y 0,90 para hombres. El índice cintura talla bajo o deseable es menor de 0,5. GA = glucosa en ayunas, TG = triglicéridos, CT = colesterol total, LBD = lipoproteínas de baja densidad, LAD = lipoproteínas de alta densidad. Para GPA el valor medio es prediabetes y el alto diabetes. Para lípidos el valor medio es borderline y alto es de riesgo. Para LAD los valores altos, ≥ 50 mM/L, tienen valor protector y los bajos, de riesgo, ≤ 35 mmol/L para mujeres y ≤ 40mmol/L para hombres.

TABLA 4. Poder predictivo de los índices de antropometría para las anomalías bioquímicas

| | | Mujeres | | | Hombres | | |
|-----|---------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| | | IMC | ICC | ICT | IMC | ICC | ICT |
| GA | RP | 0,97 | 1,7 | 1,1 | 1,08 | 0,8 | 1,19 |
| | PDS(SZ) | 15,86(0,19) | 94,26(1,89) | 64,76(0,92) | 39,70(0,51) | 33,30(0,40) | 68,26(0,99) |
| TG | RP | 2,4 | 2,26 | 2,81 | 3,86 | 2,68 | 4,18 |
| | PDS(SZ) | 99,99(6,15)* | 99,74(3,00)* | 99,99(6,37)* | 99,99(9,2)* | 95,76(2,02)* | 99,99(8,68)* |
| CT | RP | 0,93 | 1,93 | 1,44 | 1,04 | 0,85 | 1,47 |
| | PDS(SZ) | 39,70(0,51) | 98,92(2,54)* | 98,62(2,45)* | 20,52(0,25) | 23,58(0,29) | 96,52(2,1)* |
| LBD | RP | 1,08 | 1,66 | 1,49 | 1,45 | 1,11 | 1,83 |
| | PDS(SZ) | 25,86(0,32) | 63,18(0,89) | 81,32(1,31) | 93,28(1,82) | 13,50(0,16) | 99,02(2,57)* |
| LAD | RP | 0,42 | 0,35 | 0,41 | 0,58 | 0,62 | 0,5 |
| | PDS(SZ) | 99,84(3,13)* | 99,48(2,78)* | 99,9(3,24)* | 74,16(1,12) | 31,08(0,39) | 87,40(1,52) |

Estadísticos obtenidos para la significancia de la antropometría cuando los valores son mayores al límite de corte considerado como deseable. GA = glucosa en ayunas, TG = triglicéridos, CT = colesterol total. IMC = índice de masa corporal, ICC = índice cintura cadera, ICT = índice cintura talla. RP = razón de posibilidad, PDS = probabilidad de diferencias significativas, SZ = escore z. * cuando escore z > 1,96.

La frecuencia alta de sobrepeso y obesidad combinadas en esta cohorte, 42.29% en mujeres y 52.45% en hombres, muestra que el incremento del índice de masa corporal se produce antes de llegar a la adultez y que no es un proceso paulatino. Los datos de la Encuesta Nacional de Nutrición 2012 de México (7) mostraron que 35% de los adolescentes presentaron sobrepeso y obesidad combinadas; sin embargo, su grupo de estudio incluyó participantes de 12 a 19 años de edad. Los datos obtenidos tienen mayor semejanza con la prevalencia de sobrepeso y obesidad combinados para los adultos, que en México tiene más de la mitad de la población. El que en esta muestra se encuentre esa proporción indica que hubo un rápido aumento del volumen corporal a edades más tempranas. La escasa proporción de mujeres y hombres con talla baja indica que los ingresos de esta cohorte los coloca fuera de los rangos de pobreza y pobreza extrema, que para el país son de la mitad de la población.

Los valores promedio de la glucosa en ayunas tanto de mujeres como de hombres fueron mayores de los esperados para este grupo de población pues estuvieron más cerca del límite superior que del inferior (Tabla 1). Esto es un fenómeno global que se ha observado de manera más rápida en países que modificaron recientemente sus patrones de alimentación, como es el caso de México (21). Este incremento en las medias de la cohorte en estudio se relacionó con el porcentaje de jóvenes con valores de glucosa en ayunas compatibles con prediabetes y diabetes, 10 y 1,5%, semejantes en bajo peso, eutrófico, sobre peso y obesidad (Figura 1, Tabla 4), y que son notablemente mayores que los reportados anteriormente en la literatura para este grupo de edad.

Aunque para la población general no se recomienda el tamizaje de personas con niveles altos de glucosa, en las guías clínicas se recomienda la determinación de glucosa sobre todo en el caso de la presencia de factores de riesgo. Pero los factores de riesgo para diabetes son cada vez menos precisos. Si bien la enfermedad se desarrolla en un ambiente familiar donde las posibilidades de que los padres hereden a sus hijos las condiciones genéticas, sociales y culturales que pueden propiciarla, cada vez hay más casos de pacientes con diabetes sin antecedentes familiares, lo cual es evidente si se consideran las modificaciones en los patrones de consumo de alimentos y en el incremento del sedentarismo. Por otra parte, considerar

sobrepeso-obesidad como factor primordial para evaluar la presencia de prediabetes o diabetes tiene cada vez menos relevancia. Estudios recientes muestran que el poder predictivo de los parámetros antropométricos es bajo (11), lo cual se encontró también en la cohorte de jóvenes de este estudio (Tabla 4). Esto plantea la necesidad de considerar junto con los pacientes la medición de la glucosa en sangre independientemente de la edad de los mismos y la identificación de posibles factores de riesgo.

En la región se ha observado la existencia de jóvenes sin obesidad ni sobrepeso con diabetes y sin alelos indicativos de diabetes “early onset type 2” (22), lo cual podría explicar por qué en nuestro estudio se encontró una proporción importante de jóvenes con prediabetes y diabetes (así como con hipercolesterolemia) independientemente de cualquier índice antropométrico. Esto posiblemente sucede porque la población tenga cadera ancha lo cual disminuye la potencia predictiva de los índices y sea necesario considerar disminuir los límites de corte: en un pequeño estudio realizado en Tabasco, México, se encontraron valores de glucosa en ayunas $> 5,5$ mmol/L en niños con índice cintura talla 0,47 (23). En contraparte, la hipertrigliceridemia presentó asociación con el aumento de masa corporal en todos los parámetros (Figura 2, Tabla 4). Ya que este es un factor que liga la obesidad con la diabetes pues es responsable de la resistencia a la insulina al generar anomalías en la translocación de los transportadores de membrana para glucosa, la presencia de mayor número de jóvenes con sobrepeso y obesidad en los cuales se encontró elevación de los niveles de triglicéridos, colesterol total, lipoproteínas de baja densidad, así como disminución de lipoproteínas de alta densidad (Tabla 4), sugiere que en futuro próximo la proporción de jóvenes con prediabetes y diabetes se incrementará más allá de los resultados de las proyecciones realizadas con anterioridad.

Una limitación es que en el artículo no se analizaron los factores socioecológicos (24). Éstos son los que explican el rápido incremento de prediabetes y diabetes en la población pues influyen poderosamente en la selección de alimentos y bebidas que depende de la capacidad económica para adquirirlos. Aunque la universidad pública en México cobra cuotas bajas, las familias que envían a sus hijos deben contar con recursos para la manutención de los estudiantes en la capital del estado, uniformes, libros de texto, etcétera. Por con-

siguiente estos jóvenes tienen acceso a alimentos industrializados modernos con mayor frecuencia que los estratos de menores ingresos, variable que habrá que analizar en estudios futuros. Si bien el tipo de muestra empleada no es probabilística, por el número de participantes del estudio se apoyan los hallazgos de las menores posibilidades de considerar en jóvenes al aumento de masa corporal como factor de riesgo para anomalías en los valores de glucosa en sangre.

CONCLUSIONES

Se encontró en una cohorte de jóvenes Tabasco, en el Sureste de México la existencia de casos de prediabetes y diabetes sin asociación a niveles antropométricos en forma de factores de riesgo, lo cual pone de relieve que es necesario medir la glucosa en sangre independientemente del volumen corporal. La disminución de la sensibilidad para predecir casos de hiperglucemia indica que es necesario modificar los límites de corte de los índices cintura cadera y cintura talla para la población de la región geográfica estudiada. Es posible que los niveles elevados de glucosa en ayunas se deban a disfunción de la célula beta lo cual explicaría la independencia en relación al volumen corporal y a la hipertrigliceridemia.

Esta falta de asociación se compartió con la elevación del colesterol total, aunque el sobrepeso y la obesidad si se asociaron al aumento de los valores de lipoproteínas de baja densidad y la disminución de lipoproteínas de alta densidad. Los factores que desarrollaron prediabetes y diabetes en estos jóvenes, junto con los altos valores de triglicéridos (que son causa de resistencia a la insulina) indican que en el futuro cercano la prevalencia de diabetes en esta población será mayor de la esperada para la región.

AGRADECIMIENTOS

Los Q.F.B. Alberto Hernández de la Cruz y Rosa Neli Hernández Álvarez, así como la T.L.C. Rosa Guadalupe Malpica Cuevas participaron en la obtención y procesamiento de las muestras de sangre en el laboratorio de análisis clínicos de la UJAT. Los estudiantes de la División Académica de Ciencias de la Salud de la UJAT, Fátima del Carmen Sánchez Jiménez, Ana Itzel Hernández Hernández, Jocelin del Carmen Milla Aguilar, María del Carmen Delesma,

Miqueas Perera Cupil, Carlos Gómez Frías y Luis Alberto Sánchez Romero participaron como apoyo en la obtención de las medidas antropométricas. Este estudio fue subvencionado por Fondos Mixtos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México-Gobierno de Tabasco, clave TAB-2010-144012.

REFERENCIAS

1. Alwan A, MacLean DR, Riley LM, Turstand'Espaignet E, Douglas C, Stevens GA, Bettcher D. Monitoring and surveillance of chronic noncommunicable diseases: progress and capacity in high-burden countries. *Lancet* 2010; 376:1861-8. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61853-3
2. Lopez AD, Mathers CD, Ezzati M, Jamison DT, Murray CJL. Global and regional burden of disease and risk factors, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet* 2006; 367: 1747-57.
3. Sánchez Castillo CP, Pichardo Ontiveros E, López P. Epidemiología de la obesidad. *Gac Med Mex* 2004, 140 (2): S3-S20. Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2004/gms042b.pdf>. Consultado 6-06-2013.
4. Diabetes en números. Federación Mexicana de Diabetes [Website]. http://fmdidiabetes.org/fmd/pag/diabetes_numeros.php. Consultado 26-08-2013.
5. Schulz LO, Bennett PH, Ravussin E, Kidd JR, Kidd KK, Esparza J, Valencia ME: Effects of traditional and western environments on prevalence of type 2 diabetes in Pima Indians in Mexico and the U.S. *Diabetes Care* 2006; 29(8):1866-71.
6. Córdova Villalobos JA, Barriguete Meléndez JA, Lara Esqueda A, Barquera S. et al. Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud Publica Mex* 2008;50: 419-27.
7. Gutiérrez JP, Rivera Dommarco J, Shamah Levy T, Villalpando Hernández S, Franco A, Cuevas Nasu L, Romero Martínez M, Hernández Ávila M. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX), 2012.
8. Cali AMG, Caprio S. Prediabetes and type 2 diabetes in youth: an emerging epidemic disease? *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2008; 15(2): 123-7. doi: 10.1097/MED.0b013e3282f57251
9. Pinhas Hamiel O, Zeitler P. Prediabetes in children and adolescents: what does it mean? *Medscape*, Jan. 02, 2013. Disponible en <http://www.medscape.com/viewarticle/776457>. Consultado 6-06-2013.
10. Ramachandran A, Snehalatha C, Shetty AS, Nanhitha

- A. Trends in prevalence of diabetes in Asian countries. *World J Diabetes* 2012; 3(6):110-7. doi: 10.4239/wjd.v3.i6.110.
11. Zhao X, Zhu X, Zhang H, Zhao W, Li J, Shu Y, Li S, Yang M, Cai L, Zhou J, Li Y. Prevalence of diabetes and predictions of its risks using anthropometric measures in southwest rural areas of China. *BMC Public Health* 2012; 24(12):821. doi: 10.1186/1471-2458-12-821
 12. Thin Asians at risk for diabetes due to hidden body fat. *Medscape*, Feb. 11, 2013. Disponible en <http://www.medscape.com/viewarticle/779072>. Consultado el 6-06-2013.
 13. Tillin T, Hughes AD, Godsland IF, Whincup P, Forouhi NG, Welsh P, Sattar N, McKeigue PM, Chaturvedi N. Insulin resistance and truncal obesity as important determinants of the greater incidence of diabetes in Indian Asians and African Caribbeans compared with Europeans: the Southall And Brent REvisited (SABRE) cohort. *Diabetes Care* 2013; 36(2): 383-93. doi: 10.2337/dc12-0544
 14. World Health Organization (WHO): Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation. Geneva, 8–11 December 2008. Geneva: WHO; 2011.
 15. Secretaría de Salud de México. Proyecto de Norma Oficial Mexicana, PROY-NOM-043-SSA2-2011, “Servicios Básicos de Salud. Promoción y Educación para la Salud en Materia Alimentaria. Criterios para Brindar Orientación”. México, DF; Diario Oficial de la Federación; mayo 28, 2012.
 16. He Y, Zhai F, Ma G, Feskens EJ, Zhang J, Fu P, Van't Veer P, Yang X. Abdominal obesity and the prevalence of diabetes and intermediate hyperglycaemia in Chinese adults. *Public Health Nutr* 2009; 12(8): 1078-84. doi: 10.1017/S1368980008003856.
 17. Secretaría de Salud de México. NOM-015-SSA2-2010, “Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus”. México, DF; Diario Oficial de la Federación; noviembre 23, 2010.
 18. Secretaría de Salud de México. NOM-037-SSA2-2012, “Para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias”. México, DF; Diario Oficial de la Federación; julio 13, 2012.
 19. Cárdenas Villarreal VM, López Alvarenga JC, Bastarrachea RA, Rizo Baeza MM, Cortés Castell E. Prevalencia del síndrome metabólico y sus componentes en adolescentes de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León. *Archivos de Cardiología de México* 2010; 80(1):19-26.
 20. Zvarova K, Zvarova Z, Callas PW, Malone-Rising D. New estimates of pre-diabetes and type 2 diabetes prevalence in Mexican Quintana Roo. *Int J Diabetes Dev Ctries* 2013, 33(1): 8-12. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s13410-012-0101-3>. Consultado 6-06-2013.
 21. Danaei G, Finucane MM, Singh GM, Cowan M, Paciorek CJ, Kin JK et al. National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*, 2011, 9765 (377): 557-67. doi:10.1016/S0140-6736(10)62037-5
 22. Irving R, Tusié Luna MT, Mills J, Wright Pascoe R, McLaughlin W, Aguilar Salinas CA. Early onset type 2 diabetes in Jamaica and in Mexico. Opportunities derived from an interethnic study. *Rev Invest Clin* 2011; 63(2):198-209.
 23. Muñoz Cano JM, Soledad Pérez Sánchez S, Córdova Hernández JA, Boldo León X. The waist to heigh ratio as an indicator of risk for chronic diseases in a sample of school children. *Salud Tabasco* 2010; 16(2-3):921-7.
 24. Hill JO, Galloway JM, Goley A, Marrero DG, Minners R, Montgomery B, Peterson GE, Ratner RE, Sanchez E, Aroda VR. Scientific statement: socioecological determinants of prediabetes and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2013; 36(8): 2430-9. doi: 10.2337/dc13-1161

Recibido: 15-06-2013

Aceptado: 27-08-2013

Ingestión de calcio y adiposidad en adolescentes de 12 a 16 años en Guadalajara, México

Gabriela Vargas-Hernández, Enrique Romero-Velarde, Edgar M. Vásquez-Garibay, Bárbara Vizmanos-Lamotte, Rogelio Troyo-Sanromán

Instituto de Nutrición Humana, Departamento de Clínicas de la Reproducción Humana, Crecimiento y Desarrollo Infantil, Centro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

RESUMEN. El objetivo del trabajo fue evaluar la asociación entre el consumo de calcio (Ca) y adiposidad en un grupo de adolescentes. Se realizó un estudio transversal en 125 adolescentes de 12 a 16 años. El consumo de Ca se evaluó por encuestas alimentarias de recordatorio de 24 horas y frecuencia de consumo de alimentos. Se midió la adiposidad por métodos antropométricos e impedancia bioeléctrica (IBE). Se identificó la relación entre el consumo de Ca y adiposidad mediante correlación simple; se realizaron modelos multivariados ajustados al consumo de energía, edad, sexo y menarquía. El promedio de edad fue de 13.5 ± 0.8 años. Se identificó correlación negativa entre el consumo de Ca y los indicadores antropométricos peso, pliegues cutáneos, índice de masa corporal, masa grasa y porcentaje de grasa (los dos últimos por IBE y solamente en mujeres). El análisis multivariado, que incluyó el consumo de energía, no demostró asociación entre el consumo de Ca y adiposidad. En conclusión, el consumo de Ca no se asocia a adiposidad en adolescentes; los modelos multivariados mostraron que el consumo total de energía y la menarquía son las variables que muestran mayor asociación con adiposidad en esta etapa de la vida.

Palabras clave: Consumo de calcio, consumo de energía, adiposidad, adolescentes

SUMMARY. **Calcium intake and adiposity in adolescents aged 12- 16 years in Guadalajara, Mexico.** The purpose was to evaluate the association between calcium (Ca) intake and adiposity in adolescents. A cross-sectional study of 125 adolescents 12 to 16 years. Ca intake was evaluated by 24-hour recall dietary surveys and food frequency consumption. Adiposity was measured by anthropometric methods and bioelectrical impedance (BIA). The association between Ca intake and adiposity was identified by simple correlation and multivariate models adjusted to energy consumption, age, sex and menarche. Mean age of adolescents was 13.5 ± 0.8 years. A negative correlation was identified between Ca intake and anthropometric indicators weight, skinfolds, body mass index, fat mass and percentage of fat (the latter two by BIA and only in women). Multivariate analysis, including energy consumption showed no association between Ca intake and adiposity. In conclusion, Ca consumption does not associate with adiposity in adolescents; multivariate models showed that energy intake and menarche are the variables that show a higher association with adiposity at this stage of life.

Key words: Calcium intake, energy intake, adiposity, adolescents

INTRODUCCIÓN

Desde hace años se conoce el papel que tiene el consumo adecuado de calcio (Ca) sobre la salud ósea (1). Además, se ha demostrado que las dietas con alto contenido en Ca reducen la lipogénesis, estimulan la lipólisis e incrementan la termogénesis, y en consecuencia, disminuyen el peso corporal y el volumen del tejido adiposo (2, 3). Estos hallazgos se han observado tanto en estudios poblacionales como clínicos. Zemel et al (4) demostraron una asociación negativa entre el consumo de Ca y el riesgo de presentar obesidad, utilizando datos de la tercera Encuesta de Salud y Nutri-

ción de los Estados Unidos de Norteamérica. Posteriormente, el re-análisis de otros estudios diseñados para evaluar el efecto del Ca en osteoporosis e hipertensión arterial, mostraron de manera consistente que la ingestión elevada de calcio provocaba menor contenido de grasa corporal, peso corporal y disminución de la ganancia de peso; se considera que el efecto es discreto y que las diferencias en el consumo de calcio pueden explicar ~3% de la variación del peso corporal (5, 6).

La información en niños y adolescentes muestra resultados contradictorios. Algunos estudios observacionales han reportado asociaciones negativas

entre el consumo de calcio y/o lácteos y diferentes medidas de adiposidad, mientras que otros no (7-12). Se ha señalado que la inconsistencia de los resultados podría explicarse por la presencia de factores de confusión que se asocian a la acumulación de tejido adiposo como son el consumo total de energía y la práctica habitual de ejercicio o deportes (13). Además, los cambios de composición corporal que suceden durante la pubertad y que se expresan por mayor acumulación de tejido adiposo en mujeres y de masa magra en hombres, podrían condicionar diferencias por sexo en los efectos del calcio sobre adiposidad.

Aunque se ha enfatizado la importancia de la suficiencia en el consumo de Ca en adolescentes debido a la intensa mineralización ósea característica de esta etapa de la vida, su consumo promedio disminuye, particularmente en mujeres (14). Este hallazgo se ha asociado a incremento en el consumo de refrescos, otras bebidas y comida rápida, que desplazan el consumo de alimentos que aportan calcio particularmente leche y otros lácteos (15, 16). Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la asociación entre el consumo de calcio y adiposidad en un grupo de adolescentes, con el control de las variables que pueden modificar esta relación; y sus diferencias de acuerdo a sexo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño general. En un diseño transversal se incluyeron 125 adolescentes de 12 a 16 años de edad, alumnos de una escuela pública en la ciudad de Guadalajara, México. Participaron sujetos aparentemente sanos, con peso al nacer > 2500 g y con el consentimiento por escrito de sus padres. No se incluyeron sujetos que realizaban actividad física regular, moderada o intensa, en la escuela o fuera de ella; información que se verificó por interrogatorio directo con el alumno. El tamaño de la muestra se calculó considerando la variabilidad de la ingestión de calcio en adolescentes en México (17) y valores de α y β de 0.05 y 0.20 respectivamente. Se realizó un muestreo aleatorio simple a partir de las listas de asistencia a la escuela utilizando una tabla de números aleatorios. Como variable dependiente se consideró la adiposidad evaluada a través de parámetros antropométricos (índice de masa corporal -kg/m²) y mediante la medición de masa grasa y porcentaje de masa grasa con impedancia

bioeléctrica (IBE) (TANITA® TBF-410) y como variable independiente, la ingestión de Ca.

Se solicitó la autorización de las autoridades escolares y se realizó una sesión informativa con los alumnos seleccionados y sus padres. Una vez verificados los criterios de inclusión, se obtuvo el consentimiento firmado de los padres para la realización del estudio. Las entrevistas para obtener los datos generales, antecedente de menarquía en el caso de mujeres, la aplicación de las encuestas alimentarias, las mediciones antropométricas (peso, talla y pliegues cutáneos) y de composición corporal por IBE se realizaron en un área acondicionada para el estudio. Para la medición de la composición corporal se solicitó a los estudiantes no ingerir alimentos dos horas antes de la medición.

Evaluación dietética. La ingestión de Ca fue estimada a través de una encuesta dietética de recordatorio de 24 horas (EDR-24h) y una encuesta dietética de frecuencia de consumo de alimentos (EFCA). Con este propósito se utilizó el cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos desarrollado y validado en mujeres por el Instituto Nacional de Salud Pública de México, y se utilizó el software desarrollado para su análisis (SNUT) (18). Para el análisis de las EDR-24h se utilizó el programa Mexfoods, que es una versión computarizada de las Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México (edición internacional) que incluye 635 alimentos (Ledezma SJ, Muñoz-Rivera M, México D.F., 1997).

Evaluación antropométrica. **Peso.** Se utilizó una báscula marca Torino, con precisión de 100 g; se pesaron en ayuno, sin zapatos, utilizando ropa interior y bata clínica. **Talla.** Se utilizó un estadiómetro portátil (SECA® 208) con precisión de 1mm; se colocaron sobre el piso, sin zapatos, a un lado del estadiómetro, con la punta de los pies ligeramente separados, los talones juntos, las rodillas completamente extendidas y el sujeto bien erguido, la cabeza, hombros, y talones en contacto con el plano vertical. Posteriormente se colocó una escuadra en el vértice de la cabeza para obtener la medición. La medición de pliegues cutáneos se realizó de acuerdo a técnicas descritas con un pliómetro marca Lange (19). Con los valores del peso y talla se calculó el índice de masa corporal (IMC; [kg/m²]); se consideraron con sobrepeso aquellos adolescentes con IMC superior al percentil 85, del patrón de referencia del Centro de Control de Enfermedades (CDC, 2000).

Análisis estadístico. Con la prueba t de Student se compararon los parámetros antropométricos y de composición corporal entre hombres y mujeres; y en mujeres de acuerdo a la presencia de menarquía. De la misma forma se comparó el promedio de consumo de energía, calcio y macro nutrientes entre hombres y mujeres. Se evaluó la correlación entre los indicadores de adiposidad y consumo de calcio mediante la prueba de correlación de Pearson; de acuerdo a consumo total de calcio, y calcio procedente de leche y lácteos. Con la prueba chi cuadrada se contrastó la presencia de sobrepeso, o exceso de adiposidad (pliegues cutáneos > percentil 90) de acuerdo a consumo de calcio considerado como bajo (< 900 mg/día), ade-

cuado (900-1300 mg/día) y alto (> 1300 mg/día). Se realizó análisis multivariado (regresión lineal) utilizando como variable dependiente el IMC, porcentaje de grasa corporal y grasa corporal total (kg) y como variables independientes al consumo de calcio, sexo, presencia o no de menarquía (en mujeres), y consumo total de energía.

El proyecto contó con la aprobación de los sujetos de estudio, de sus padres y del Comité de Ética del Hospital General de Zona # 45 del Instituto Mexicano del Seguro Social.

RESULTADOS

Se incluyeron 125 adolescentes, 76 mujeres (60.8%) y 49 hombres (39.2%), cuyo promedio de edad fue de 13.5 ± 0.9 años. La tabla 1 muestra los valores promedio de las mediciones antropométricas y los resultados obtenidos por IBE, entre los que destacan diferencias significativas en diferentes variables entre hombres y mujeres; 47 sujetos (37.6%) presentaban sobrepeso. En mujeres, los valores de todas las variables fueron superiores y con diferencia significativa (exceptuando la talla expresada en puntuación Z) cuando se reportó la presencia de menarquía (n= 56).

TABLA 1. Indicadores antropométricos y de composición corporal (impedancia bioeléctrica) por sexo en adolescentes (n= 125)

| Variables | Femenino (n= 76) | Masculino (n= 49) |
|--|------------------|--------------------------|
| | Promedio (DE)* | Promedio (DE) |
| Índice de masa corporal (kg/m ²) | 21.2 (4.8) | 21.9 (5.3) |
| Índice de masa corporal (puntaje Z) | 0.28 (1.1) | 0.54 (1.3) |
| Circunferencia de brazo (cm) | 25.3 (4.0) | 26.2 (4.7) |
| Pliegue cutáneo tricípital (mm) | 20.3 (7.5) | 19.0 (8.9) |
| Pliegue cutáneo bicipital (mm) | 12.3 (6.3) | 12.8 (7.9) |
| Pliegue cutáneo subescapular (mm) | 17.7 (9.5) | 18.1 (11.0) |
| Pliegue cutáneo suprailíaco (mm) | 23.5 (10.4) | 23.5 (12.9) |
| Circunferencia de cintura (cm) | 70.3 (9.4) | 76.3 (11.7) ¹ |
| Circunferencia de cadera (cm) | 92.1 ± 11.3 | 90.6 ± 11.0 |
| Índice cintura-cadera | 0.76 ± 0.04 | 0.84 ± 0.05 ¹ |
| Masa magra (kg) | 37.8 (5.7) | 45.1 (9.1) ¹ |
| Masa grasa (kg) | 16.3 (9.1) | 13.0 (9.5) ² |
| Porcentaje de grasa corporal (%) | 28.0 (9.2) | 20.4 (10.1) ¹ |

* DE = desviación estándar ¹ p < 0.001 ² p = 0.06 (t de Student)

TABLA 2. Consumo de energía y nutrientes en adolescentes, a través de encuestas alimentarias por recordatorio de 24 horas (EDR24) y de frecuencia de consumo de alimentos (EFCA)

| Nutriente Consumo /día | EDR24 | | EFCA | |
|---------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Masculino (n=49) | Femenino (n=76) | Masculino (n=49) | Femenino (n=76) |
| Energía (kcal) | 2684 (925)* ¹ | 2276 (710) | 2705 (795) | 2540 (904) |
| Hidratos de carbono (g) | 354.1 (128.7) | 317.9 (110.9) | 316.5 (126.6) | 303.8 (157.2) |
| Proteínas (g) | 94.2 (38.5) ¹ | 78.3 (29.1) | 90.3 (24.6) | 87.7 (32.3) |
| Grasas (g) | 96.0 (46.2) ¹ | 80.6 (39.0) | 119.9 (34.8) | 115.8 (38.8) |
| Fibra (g) | 13.9 (8.7) | 11.7 (6.7) | 30.1 (14.3) | 27.1 (13.3) |
| Calcio (mg) | 1402 (693) ² | 1085 (482) | 964.7 (384) | 951.6 (361) |

* Promedio (desviación estándar) ¹ p < 0.05 ² p = < 0.01 (t de Student)

La Tabla 2 muestra el consumo de energía, macro nutrientes y calcio de acuerdo a sexo; se identificaron diferencias con mayor consumo de energía, proteínas, grasas y calcio en hombres al evaluarlos por EDR-24h, sin observarse diferencias cuando se evaluó por EFCA. Las mujeres post menarquía mostraron un consumo de calcio significativamente menor que las mu-

jes pre menarquía por EDR-24h (1000 ± 435 vs 1316 ± 539 ; $p < 0.05$) y EFCA (903 ± 355 vs 1087 ± 354 ; $p = 0.05$). Las fuentes principales de calcio fueron la leche y derivados (57%) y las tortillas (~19%).

La distribución porcentual de macro nutrientes como porcentaje del consumo total de energía fue similar entre hombres y mujeres. La ingestión de grasas

TABLA 3. Correlación* entre el consumo de calcio (total y lácteos**) y adiposidad de acuerdo a sexo.

| Consumo de Calcio (mg/d) | Grupo Total (n=125) | | Mujeres (n=76) | | Hombres (n=49) | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|
| | Total | Lácteos | Total | Lácteos | Total | Lácteos |
| VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS | | | | | | |
| Peso (kg) | - 0.14 | - 0.18 ¹ | - 0.24 ¹ | - 0.24 ¹ | - 0.14 | - 0.16 |
| PCT (mm) | - 0.21 ² | - 0.16 ¹ | - 0.21 ¹ | - 0.24 ¹ | - 0.19 | - 0.03 |
| PCB (mm) | - 0.13 | 0.11 | - 0.05 | - 0.20 ¹ | - 0.24 | - 0.03 |
| PCS (mm) | - 0.19 ¹ | - 0.15 | - 0.13 | - 0.26 ¹ | - 0.26 ¹ | - 0.03 |
| PCSI (mm) | - 0.16 ¹ | - 0.12 | - 0.05 | - 0.21 ¹ | - 0.26 ¹ | - 0.04 |
| IMC (kg/m ²) | - 0.20 ¹ | - 0.18 ¹ | - 0.22 ¹ | - 0.24 ¹ | - 0.23 | - 0.11 |
| IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA | | | | | | |
| Masa Grasa (kg) | - 0.25 ² | - 0.19 ¹ | - 0.23 ¹ | - 0.24 ¹ | - 0.21 | - 0.06 |
| % Grasa | - 0.29 ² | - 0.14 | - 0.22 ¹ | - 0.23 ¹ | - 0.22 | - 0.07 |

Consumo de calcio evaluado través de encuestas alimentarias por recordatorio de 24 horas. * Pearson ** Lácteos: incluye leche y derivados
¹ $p < 0.05$ ² $p < 0.01$. PCT= Pliegue cutáneo tricótipal PCB= Pliegue cutáneo bicótipal PCS= Pliegue cutáneo subescapular PCSI= Pliegue cutáneo supraileaco.

TABLA 4. Distribución de adolescentes (n=125) con sobrepeso y mayor adiposidad de acuerdo a categorías de consumo de calcio¹

| Categorías de Consumo de Calcio (mg/d) | IMC (Percentil) | | PCT (Percentil) | | PCS (Percentil) | |
|--|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|
| | < 85 | ≥ 85 | < 90 | ≥ 90 | < 90 | ≥ 90 |
| Bajo (< 900) | 22 | 20 | 32 | 10 | 34 | 8 |
| Adecuado (900-1300) | 21 | 15 | 27 | 9 | 24 | 12 |
| Elevado (>1300) | 35 | 12 | 44 | 3 | 42 | 5 |
| Chi cuadrada | $p < 0.05$ ² | | $p < 0.05$ ² | | $p < 0.05$ ³ | |

¹ Consumo de calcio evaluado por encuestas de recordatorio de 24 horas ²Consumo bajo vs elevado ³Consumo bajo + normal vs elevado. IMC= Índice de masa corporal PCT y PCS= Pliegues cutáneos tricótipal y subescapular

TABLA 5. Modelos de regresión de indicadores de adiposidad de acuerdo a consumo de calcio ajustado por el consumo de energía, género y menarquía

| Variable Dependiente | VARIABLES INCLUIDAS EN EL MODELO | R ² | COEFICIENTES ESTANDARIZADOS | P ⁴ |
|---|----------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| Masa Grasa (kg) ¹ | Consumo de energía (kcal /día) | 0.14 | -0.24 | < 0.001 |
| | Menarquía (si /no) | | 0.25 | |
| Porcentaje de Grasa corporal ² | Consumo de energía (kcal /día) | 0.23 | -3.13 | < 0.001 |
| | Menarquía (si /no) | | 0.38 | |
| Índice de Masa Corporal (Z) ³ | Consumo de energía (kcal /día) | 0.14 | -0.27 | < 0.001 |
| | Sexo (1= F 0= M) | | -0.36 | |
| | Menarquía (si /no) | | 0.31 | |

¹ Variables excluidas en el modelo "Masa grasa": Sexo, edad e ingestión de calcio ² Variables excluidas en el modelo "Porcentaje de grasa corporal": Sexo, edad e ingestión de calcio ³ Variables excluidas en el modelo "IMC": Edad e ingestión de calcio ⁴ P = Significado estadístico del modelo

fue discretamente mayor a la recomendada (31.8%) mientras que la ingestión de proteínas (13.9%) e hidratos de carbono (54.9%) fue adecuada.

La Tabla 3 muestra los valores de correlación (negativa) entre el consumo de Ca (total y procedente de leche y derivados; evaluado por EDR-24h) e indicadores de adiposidad. Al incluir en el análisis a todo el grupo, el consumo total de Ca mostró mejor correlación con los indicadores de adiposidad. Sin embargo al analizarlos por sexo, la correlación fue superior en mujeres y mayor con la fracción de Ca procedente de leche y derivados, con correlaciones significativas para todos los indicadores de adiposidad; mientras que en hombres fue significativa para Ca total, únicamente con los pliegues cutáneos subescapular y suprailiaco. Al analizar la correlación de los valores de consumo de Ca evaluado por EFCA e indicadores de adiposidad, no identificamos asociaciones significativas. La Tabla 4 muestra que la mayor parte de sujetos con sobrepeso o mayor adiposidad se encontraban en la categoría de consumo bajo de calcio (< 900 mg/día) ($p < 0.05$).

La Tabla 5 muestra los resultados de los modelos de regresión lineal considerando como variable dependiente a la masa grasa, porcentaje de grasa corporal e IMC. En todos los casos el consumo de Ca fue excluido de los modelos al ajustarlos al consumo de energía; sexo femenino y la presencia de menarquía se asociaron a adiposidad. Se realizó el análisis considerando el consumo total de Ca y el procedente de leche y lácteos sin encontrar diferencias en el comportamiento de las variables.

DISCUSIÓN

Numerosos estudios de observación realizados en niños y adolescentes han identificado una correlación negativa entre el consumo de Ca (o lácteos) y el peso o grasa corporal. Sin embargo, los estudios de intervención que incluyen la administración de suplementos de Ca no han identificado tal relación. Un meta análisis con 17 ensayos clínicos controlados y 2088 participantes no encontró un efecto significativo de los suplementos de Ca en el peso o grasa corporal (20). En numerosos casos, la interpretación de los resultados es complicada ya que los diseños originales se enfocaron al estudio de la influencia del consumo de Ca sobre la masa ósea y no sobre el peso o grasa corporal

(21). Además, algunos autores han especulado que no es solamente el calcio, sino otros factores no identificados presentes en la leche y derivados, los responsables de las modificaciones metabólicas que conducen a menor adiposidad (21, 22). Por otra parte, se ha señalado que los efectos de los cambios metabólicos y hormonales que suceden durante el brote de crecimiento puberal dificultan la cuantificación del efecto del consumo de Ca sobre la ganancia de peso y grasa corporal en adolescentes (21).

En el presente estudio, de manera similar a otros estudios de observación se identificó una relación negativa entre el consumo de Ca y diferentes medidas de adiposidad. Es interesante señalar las diferencias encontradas entre hombres y mujeres: la correlación entre el consumo de Ca y adiposidad evaluada por IBE fue negativa y significativa únicamente en mujeres; además, la correlación con los indicadores antropométricos fue diferente al separarla por sexo: en hombres correlacionó con los pliegues cutáneos que reflejan cúmulo de grasa troncal (subescapular y suprailiaco) y en mujeres a peso corporal, IMC y pliegue cutáneo tricipital. Estas diferencias pueden ser el reflejo de los cambios de composición corporal que se presentan en esta etapa de la vida y que se caracterizan por mayor incorporación de grasa en mujeres y de masa magra en hombres. Por tanto, podría especularse que la influencia del Ca sobre el metabolismo del tejido adiposo en la adolescencia se expresa en forma diferente entre sexos, siendo más evidente en mujeres, quienes podrían ser más susceptibles a la influencia de factores que influyen sobre la incorporación de grasa.

Sin embargo en los modelos multivariados el efecto del consumo de Ca sobre adiposidad fue excluido por el consumo total de energía. Este hallazgo sugiere que el consumo de energía es la variable que mejor explica la variación de la adiposidad en este grupo de adolescentes, independientemente del consumo de calcio. Sin embargo, es posible que el efecto significativo del consumo de Ca sobre adiposidad se minimice ante los cambios de composición corporal propios de la edad. Además del consumo de energía, la presencia de menarquía se asoció a mayor acumulación de tejido adiposo en mujeres; la menarquía suele presentarse alrededor del pico máximo de crecimiento puberal y por tanto, coincide con la presencia de cambios de composición corporal característicos de esta etapa de la vida. Llama la aten-

ción, que el consumo de Ca fue menor en mujeres post-menarquia lo que puede relacionarse con la modificación de los hábitos alimentarios propios de esta edad en que los adolescentes deciden con mayor libertad el tipo de alimentos que desean consumir y que probablemente lleve al incremento en el consumo de refrescos y otras bebidas que desplazan el consumo de alimentos que aportan calcio, particularmente leche y lácteos (15, 16).

Otros estudios en adolescentes han reportado hallazgos similares al presente trabajo. Philips et al (7) no identificaron una asociación significativa entre el consumo de lácteos con el IMC o porcentaje de grasa corporal, al ajustarlo al consumo de energía; mientras que Berkey et al (23) reportaron que el consumo de energía fue el mayor predictor de la ganancia de peso en adolescentes. Novotny et al (9) en un estudio de diseño transversal en niños y adolescentes de 9 a 14 años reportaron que el consumo de calcio se asoció a menor grosor del pliegue suprailíaco, mientras que el consumo de energía a mayor peso corporal; en forma similar al presente trabajo, la mayor madurez sexual se asoció a mayor peso corporal y adiposidad. Venti en estudio transversal con 78 niños (10.4 ± 0.3 años) no identificó una correlación entre consumo de Ca y peso, grasa corporal o IMC; explican que probablemente la dieta rica en grasa con un mayor aporte de energía minimizó el efecto del consumo de calcio sobre adiposidad (11).

Una limitación del presente trabajo se relaciona con la evaluación del consumo de alimentos, ya que los métodos empleados dependen de la memoria de los individuos encuestados para recordar lo que se consumió en el pasado; hecho que puede afectar la precisión de la estimación en la ingestión de nutrientes. Aunque las EDR-24h reflejan únicamente el consumo de alimentos del día previo, son útiles para estimar el promedio del consumo de nutrimentos en grupos de individuos (24).

CONCLUSIÓN

El presente trabajo muestra que si bien el consumo adecuado de Ca se asocia a menor peso corporal y adiposidad, este efecto es desplazado por el consumo de energía y otras variables como la presencia de menarquia. Probablemente, el efecto del consumo de Ca sobre adiposidad es menos evidente y su influencia

puede ser menor en etapas de la vida que se caracterizan por un cúmulo importante de tejido adiposo como ocurre en la pubertad. En este sentido, se ha señalado que son necesarios más estudios que identifiquen mejor la asociación entre el consumo de calcio/lácteos y los cambios de composición corporal y metabólicos en adolescentes (20, 25). De cualquier forma la promoción de un consumo adecuado de calcio forma parte de una alimentación saludable, además de ser importante en esta etapa de la vida caracterizada por gran acumulación de masa ósea.

REFERENCIAS

1. Heaney RP. Calcium, dairy products and osteoporosis. *J Am Coll Nutr.* 2000; 19: 83S-99S
2. Zemel MB. Mechanisms of dairy modulation of adiposity. *J Nutr.* 2003; 133: 252S-256S.
3. Zemel MB, Richards J, Milstead A, Campell P. Effects of calcium and dairy on body composition and weight loss in African-American adults. *Ob Res.* 2005; 13: 1218-1225.
4. Zemel MB, Shi H, Greer B, Dirienzo D, Zemel PC. Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB J.* 2000; 14: 1132-1138.
5. Heaney RP, Davies M, Barger-Lux J. Calcium and weight: clinical studies. *J Am Coll Nutr.* 2002; 21: 152S-155S.
6. Davies KM, Heaney RP, Recker RR, Lappe JM, Barger-Lux MJ, Rafferty K, Hinders S. Calcium intake and body weight. *J Clin Endocrinol Metab* 2000; 85: 4635.
7. Phillips SM, Bandini LG, Cyr H, Colclough-Douglas S, Naumova E, Must A. Dairy food consumption and body weight and fatness studied longitudinally over the adolescent period. *Int J Obes* 2003; 27: 1106-1113.
8. Skinner JD, Bounds W, Carruth BR, Ziegler P. Longitudinal calcium intake is negatively related to children's body fat indexes. *J Am Diet Assoc* 2003; 103: 1626-1631.
9. Novotny R, Daida YG, Acharya S, Grove JS, Vogt TM. Dairy intake is associated with lower body fat and soda intake with greater weight in adolescent girls. *J Nutr* 2004; 134: 1905-9.
10. Moreira P, Padez C, Mourao I, Rosado V. Dietary calcium and body mass index in Portuguese children. *Eur J Clin Nutr.* 2005; 59: 861-867.
11. Venti CA, Tataranni PA, Salbe AD. Lack of relationship between calcium intake and body size in an obesity-prone population. *J Am Diet Assoc.* 2005; 105: 1401-1407.

12. Goldberg TB, da Silva CC, Peres LN, Berbel MN, Heigasi MB, Ribeiro JM, Suzuki K, Josué LM, Dalmas JC. Calcium intake and its relationship with risk of overweight and obesity in adolescents. *Arch Latinoam Nutr.* 2009; 59: 14-21.
13. Lorenzen JK, Mølgaard C, Michaelsen KF, Astrup A. Calcium supplementation for 1 y does not reduce body weight or fat mass in young girls. *Am J Clin Nutr.* 2006; 83: 18-23.
14. Greer FR, Krebs NF. Optimizing bone health and calcium intakes of infants, children, and adolescents. *Pediatrics* 2006; 117: 578-85.
15. Ballew C, Kuester S, Gillespie C. Beverage choices affect adequacy of children's nutrient intake. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2000; 154: 1148-1152.
16. Larson NI, Story M, Wall M, Neumark-Sztainer D. Calcium and dairy intakes of adolescents are associated with their home environment, taste preferences, personal health beliefs, and meal patterns. *J Am Diet Assoc* 2006; 106: 1816-24.
17. Rodríguez-Ramírez S, Mundo-Rosas V, Shamah-Levy T, Ponce-Martínez X, Jiménez-Aguilar A, González-de Cossío T. Energy and nutrient intake in Mexican adolescents: analysis of the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Publica Mex.* 2009; 51 suppl 4: S551-S561.
18. Hernandez-Ávila M, Rolmieu I, Parra S, Hernandez-Ávila J, Madrigal H, Willet W. Validity and reproducibility of a food frequency questionnaire to assess dietary intake of women living in Mexico City. *Salud Publica Mex.* 1998; 40:133-140.
19. Frisancho AR. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. United States of America: The University of Michigan Press; 1993. p. 9-30.
20. Winzenberg T, Shaw K, Fryer J, Jones G. Calcium supplements in healthy children do not affect weight gain, height, or body composition. *Obesity* 2007; 15: 1789-98.
21. Major GC, Chaput JP, Ledoux M, St-Pierre S, Anderson GH, Zemel MB, Trmblay A. Recent developments of calcium related obesity research. *Obesity Reviews.* 2008; 9: 428-45.
22. Anderson GH, Moore SE. Dietary proteins in the regulation of food intake and body weight in humans. *J Nutr.* 2004; 134: 974S-979S.
23. Berkey CS, Rockett HR, Willet WC, Colditz GA. Milk, dairy fat, dietary calcium, and weight gain: a longitudinal study of adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2005; 159: 543-50.
24. Langseth L. Nutritional epidemiology: possibilities and limitations. Washington DC: ILSI Press. 1996. P. 19-22.
25. Huang TT, McCrory MA. Dairy intake, obesity, and metabolic health in children and adolescents: knowledge and gaps. *Nutr Rev.* 2005; 63: 71-80.

Recibido: 18-06-2013

Aceptado: 04-09-2013

Arcobacter: un patógeno emergente de origen alimentario

Gerardo Calvo, María Laura Arias, Heriberto Fernández

Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales y Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica.
Instituto de Microbiología Clínica. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

RESUMEN. En las últimas tres décadas, se han identificado gran número de enfermedades emergentes que afectan al ser humano, la mayoría de las cuales son de origen infeccioso e incluyen enfermedades bacterianas, virales, parasitarias, entre otras. Muchas de éstas son de origen zoonótico, tal es el caso de algunas especies de *Arcobacter*, actualmente consideradas bacterias emergentes y, también, asociadas a transmisión alimentaria y de creciente importancia en salud pública. El incremento en los datos de prevalencia e incidencia de casos asociados a esta sugiere que la infección en humanos y animales ha sido subestimada, debido a la carencia de conocimientos al respecto y de un protocolo estándar, universalmente aceptado, para el aislamiento primario de este organismo y al uso de correctos métodos y técnicas de identificación. El incremento en el hallazgo de *Arcobacter* en alimentos derivados de animales y en muestras tomadas durante el proceso de producción de alimentos, hace que aumente la preocupación en materia de salud pública, ya que aún se conoce muy poco del potencial patogénico de las especies *Arcobacter* y los pocos estudios que se han llevado a cabo, muestran una gran cantidad de especies hospederas y rutas de transmisión. Dado lo anterior, el objetivo de la presente revisión es el actualizar al lector en las características más destacadas de esta bacteria en cuanto a su morfología, distribución, clasificación, transmisión, asociación con aguas, alimentos, mascotas y animales de crianza, como también sobre su aislamiento en laboratorio, factores de virulencia y patrones de sensibilidad a antibióticos.

Palabras clave: *Arcobacter*, zoonosis, emergente, alimento

SUMMARY. *Arcobacter: a foodborne emerging pathogen.* In the last three decades, several emergent diseases affecting human beings have been identified, most of them from infectious origin including bacterial, viral, parasitic and even difficult to classify as spongiform encephalopathy. Most of these are zoonotic as it is the case of *Arcobacter*, currently considered as an emerging and food borne pathogen, of growing importance for public health. The increase in the prevalence and incidence of cases associated to this bacteria as well as in the number of actual researches and reports, suggest that the infection in human beings and animals has been underestimated due to a lack in knowledge about this bacteria and of a standardized isolation protocols, as well as the use of correct identification methods and techniques. Increasing trends in the isolation of *Arcobacter* from animal derivatives used as food and from samples taken during production processes, cause an augment in public health awareness, since there is little knowledge about the pathogenic potential of *Arcobacter* species and the few focused in this bacterial group, show many different transmission routes and host species. Given this, the objective of the present review is to actualize the reader in the most important characteristics of this bacterium, including its morphology, distribution, classification, transmission, association with water, food, pets and animals, as well as the laboratory isolation techniques, virulence factors and their antibiotic susceptibility patterns.

Key words: *Arcobacter*, zoonosis, emergent, food

INTRODUCCIÓN

En las últimas tres décadas, se han identificado gran número de enfermedades emergentes que afectan al ser humano, la mayoría de las cuales son de origen infeccioso e incluyen enfermedades bacterianas, virales, parasitarias y hasta de difícil clasificación, como las encefalopatías espongiiformes. Muchas de éstas son de origen zoonótico, resultado de la transmisión a humanos de patógenos de otras especies animales (1). Tal es el caso de *Arcobacter*, una bacteria emergente, asociada a alimentos y de gran importancia en salud pública.

Características del género *Arcobacter*.

Es un bacilo Gram negativo curvo, en forma de S cuando está en cultivos jóvenes y de forma cocoide o esférica en cultivos viejos. Es una bacteria no esporulada y su tamaño oscila entre 0,2 y 0,9 μm de ancho, con un largo entre 0,5 y 3,0 μm . Es móvil debido a la presencia de flagelos polares simples (2).

Las colonias de *Arcobacter* usualmente carecen de pigmentos, todas las especies tienen actividad oxidasa, presentan reacción negativa con el rojo de metilo y con el Voges-Proskauer, no producen indol, excepto *A. mytili* y *A. molluscorum*. La mayoría de

las especies reducen nitratos y no hidrolizan el hipurato. Son quimioorganotróficas y utilizan una gran variedad de fuentes de carbono como ácidos orgánicos y aminoácidos (2,3).

Dentro de sus características y por las cuales se diferencia del género *Campylobacter* se encuentra el que puede crecer en un rango de temperaturas que oscila entre los 15 - 42°C, en condiciones aerobias o anaerobias. Sin embargo, el crecimiento óptimo en el primo aislamiento ocurre bajo condiciones de microaerofilia (3-10 % O₂) y no requiere hidrógeno para su crecimiento (2,4). Su T_m(e), o temperatura a la cual un 50% del ADN-ARNr híbrido es desnaturalizado es, en promedio, de 66 °C (2) y poseen un contenido G + C entre un 27% y un 30% mol (4).

Esta bacteria fue aislada por primera vez a partir de fetos bovinos abortados de manera espontánea en 1977 y posteriormente fue también aislada a partir de fetos de cerdo (5, 6).

La bacteria fue inicialmente nombrada como *Campylobacter* aerotolerante por Neill *et al.* (7), no obstante su nombre fue cambiado luego a *Campylobacter cryaerophila* por Neill *et al.* en 1985 (8) y, finalmente, Vandamme *et al.* (2), propusieron la creación del género *Arcobacter*.

Actualmente, el género consta de 17 especies reconocidas: *Arcobacter butzleri*, *A. cryaerophilus* (Group 1A y 1B), *A. skirrowii*, *A. nitrofigilis*, *A. cibarius*, *A. halophilus*, y las especies recientemente descritas, *A. molluscorum*, *A. defluvii*, *A. marinus*, *A. trophiarum*, *A. mytili*, *A. thereius*, *A. ellisii*, *A. bivalviorum*, *A. venerupis*, *A. cloacae* y *A. suis* (3, 9-18).

En el año 2002 fue descrita una bacteria autotrófica marina sulfuro-oxidante que produce filamentos hidrofílicos sulfurados como producto metabólico. Los análisis filogenéticos la ubican en el género *Arcobacter* y se le ha asignado el nombre de "*Candidatus Arcobacter sulfidicus*", pero aún no se cuenta con su descripción formal (19).

Distribución

El género *Arcobacter* ha sido aislado a partir de ganado vacuno, porcino, ovino, caprino, en pollo y otras aves de corral, como también en fetos de abortos porcinos y bovinos, productos cárnicos, moluscos y leche.

Algunas especies de *Arcobacter* han sido aisladas en superficies de plantas procesadoras de carne, de agua potable, de alcantarillas, agua de río y de mar.

Sin embargo, su mayor prevalencia se encuentra en carne de pollo, seguida de cerdo y luego por carne de res (4, 20-23). Su aislamiento a partir de productos cárnicos ha sido reportado a nivel mundial, incluyendo estudios realizados en Tailandia (24), Irlanda del Norte (25), Turquía (26), México (27), Estados Unidos (28), en los Países Bajos (29) y en Costa Rica (30).

Los miembros de género *Arcobacter* no son parte de la flora intestinal y el humano se puede infectar por la presencia de este organismo en alimentos de origen animal o en agua, entre otras vías de transmisión que aún no están bien definidas (4).

Especies de *Arcobacter* descritas

La taxonomía del género *Arcobacter*, así como la de los otros géneros bacterianos se basa principalmente en el análisis del gen ARNr 16S (31). Para las 17 especies de *Arcobacter* descritas, se cuenta con similitudes interespecíficas desde 92,1% hasta un 98,9%. Las especies más relacionadas entre sí son *A. cibarius* y *A. cryaerophilus*, y las menos relacionadas son *A. thereius* y *A. halophilus*. A continuación, se describe brevemente cada una de las especies descritas hasta el momento:

Arcobacter nitrofigilis

Esta bacteria es la especie tipo del género y fue inicialmente aislada en el año 1983 por McClung *et al.* (10), en la costa este de Canadá. Es una bacteria fijadora de nitrógeno y fue encontrada en asociación con las raíces de *Spartina alterniflora*, una planta acuática. Esta bacteria ha sido aislada de diversas muestras tales como, heces, tractos reproductivos y fetos producto de abortos de muchos animales de granja, así como de muestras de leche de vaca que tenían mastitis (7).

Arcobacter skirrowi

Esta especie de *Arcobacter* fue inicialmente aislada de muestras de heces de ovejas con diarrea, productos de abortos en cerdos, fetos bovinos y ovinos, además de encontrarlo en prepucio de toros. Ha sido asociada a pacientes ancianos con diarreas crónicas y en algunas ocasiones con gastroenteritis, tanto en adultos como en niños (33).

Arcobacter butzleri

Inicialmente fue aislada de muestras humanas y de animales con diarrea (34). Las infecciones causadas por esta bacteria se caracterizan por una diarrea

acuosa con dolor abdominal, náuseas y vómito y, en algunas ocasiones, también se presentan casos con fiebre (35), lo cual contrasta con la diarrea sanguinolenta asociada a *C. jejuni*.

El mecanismo por el cual esta bacteria produce la diarrea acuosa no está bien dilucidado. No obstante, se ha descrito que tiene capacidad de adherencia al epitelio, que causa una disfunción de la barrera epitelial induciendo cambios en las proteínas de unión estrecha (tight junction proteins), además de inducir la apoptosis epitelial, con lo cual produce una diarrea tipo fuga de flujo (36-37).

Se ha sugerido que este microorganismo tiene el potencial de invadir otras partes del cuerpo y producir complicaciones, ya que se ha aislado de pacientes con cirrosis hepática y apendicitis gangrenosa aguda (38).

Esta bacteria se ha asociado a diarrea crónica y a casos de diarrea del viajero; en un estudio realizado por Teague *et al.* (39) en Tailandia se aisló *A. butzleri* en un 13% de los platillos servidos en los mejores cinco restaurantes en Bangkok. También Jiang *et al.* (40) en Guatemala, México e India, encontraron un 8% de casos positivos de diarrea por *A. butzleri* en visitantes de estas ciudades.

Arcobacter cryaerophilus

A. cryaerophilus es la especie de *Arcobacter* predominantemente asociada a casos de aborto en animales. Se ha aislado también de pacientes con cáncer, fallo renal y hasta en pacientes con hiperuricemia y alcoholismo (41). También se ha aislado en Suiza a partir de muestras de heces de trabajadores de mataderos, sin síntomas de infección (42).

Dentro de esta especie se encuentran dos grupos denominados 1A y 1B o 1 y 2, los cuales se han separado mediante diferentes RFLP (restriction fragment length polymorphisms) de los genes 16s y 23s (34), además del contenido total de proteínas celulares y ácidos grasos (9). El grupo 1A es el más prevalente (3, 42-43). No obstante, ambos grupos han sido aislados simultáneamente en muestras de alimentos y en muestras clínicas de animales y humanos (3, 42). Algunos estudios han planteado la necesidad de separar estos dos grupos en dos especies distintas pero, estudios recientes realizados por Debruyne, L. *et al.* (41), basándose en AFLP y secuencias del gen hsp60, rechazan esta separación.

Arcobacter cibarius

Descrita en el 2005 por Houf *et al.* (11), fue aislada de carne de pollos en Bélgica. Comparaciones del gen 16S ARNr revelan similitudes del 97,5% con *A. cryaerophilus* y un 96,5% con respecto a *A. butzleri*.

Arcobacter halophilus

Es una especie que fue recuperada en una laguna hipersalina en Hawaii en el año 2005, siendo la única especie halofílica obligada del género (12).

Arcobacter mytili

Fue aislada de mejillones y de muestras de agua salobre en Cataluña, en el Noreste de España y presenta la característica de ser incapaz de hidrolizar el indoxil acetato (3).

Arcobacter thereius

Aislado en el año 2009 en Dinamarca por Houf. y colaboradores (17), se ha recuperado de hígados y riñones de cerdos con abortos espontáneos y en muestras de las cloacas de patos. No se ha detectado en muestras humanas (45).

Arcobacter marinus

Esta especie ha sido descrita con base a una sola cepa. Fue aislada de una mezcla de agua marina, estrellas de mar y algas en Corea. Aún no se ha encontrado en mamíferos (15). Difiere fenotípicamente de *A. halophilus* por su capacidad de crecer en condiciones aerobias a 10 °C y por su incapacidad de crecer bajo condiciones anaerobias (15).

Arcobacter trophiarum

Fue aislado en Bélgica en muestras de heces de cerdos de engorde y en animales estabulados y produce el mismo patrón RFLP que *A. butzleri* (16,21).

Arcobacter molluscorum

Aislada de muestras de ostras y mejillones. Esta bacteria tiene una similitud del 97,6% con *A. marinus*, seguido de un 95,6% con *A. halophilus* y un 94,7% con *A. mytili*. Esta especie es incapaz de hidrolizar la urea y el indoxil acetato (13).

Arcobacter defluvii

Aislado en el año 2010 de muestras de aguas residuales; presenta la mayor similitud del gen 16S ARNr con *A. nitrofigilis* (95,6%) (14).

Arcobacter ellisii

Esta especie fue aislada de tres muestras de mejillones en España y debe su nombre a W.A. Ellis, quien hizo la descripción de los primeros aislamientos de *Arcobacter* a partir de fetos bovinos abortados (46).

Arcobacter bivalviorum

Descrito en el año 2012, por Levicán *et al.* (18) a partir de muestras de bivalvos, provenientes de muestras recolectadas en el delta del río Ebro, en Cataluña, España.

Arcobacter venerupis

Al igual que *A. bivalviorum*, se aisló en muestras de moluscos recolectadas en el delta del río Ebro, en Cataluña (18).

Arcobacter cloacae sp. nov. y***Arcobacter suis sp. nov***

Estas especies fueron aisladas a partir de muestras de ostiones, carne de pollo y aguas negras. Dados su patrón de 16S rDNA-RFLP y su secuenciación genética, fueron clasificadas como dos especies diferentes a las anteriormente descritas (18).

Candidatus Arcobacter sulfidicus

En el año 2002 fue descrita una bacteria marina, microaerofílica, autotrófica y sulfuro-oxidante que produce filamentos hidrofílicos sulfurados como producto metabólico. Se ha propuesto como una nueva especie potencial. No obstante, aún no se cuenta con su descripción oficial ni con su reconocimiento formal como entidad taxonómica (19).

Importancia clínica y prevalencia de *Arcobacter* en humanos

El rol de las especies de *Arcobacter* como causantes de patología humana y animal no ha sido totalmente establecido y sólo tres especies, *A. butzleri*, *A. cryaerophilus* y *A. skirrowii*, han sido asociadas con padecimientos gastrointestinales, siendo la diarrea el principal síntoma reportado (21, 45, 47-49). También se ha reportado en varios estudios la existencia de portadores asintomáticos de especies de *Arcobacter* con lo cual aumentan las dudas sobre el potencial patológico de este género bacteriano (32, 42, 48).

La infección con *Arcobacter* puede ocurrir por contaminación cruzada en la manipulación de alimentos, el

consumo de alimentos de origen animal contaminados, consumo de agua contaminada o por contaminación directa con materia fecal, tanto animal como humana y se ha postulado la infección por el contacto con humanos infectados (21, 42). Es posible que en la transmisión hídrica tengan participación amebas de vida libre, como *Acanthamoeba castellanii* con la cual, *A. butzleri* puede establecer endosimbiosis sobreviviendo al interior del protozoo al menos por 10 días (50).

La gravedad del cuadro clínico en las infecciones de *Arcobacter* es muy variada, presentándose desde infecciones asintomáticas (32, 42, 48), diarreas leves, diarreas crónicas y abundantes, hasta casos entéricos graves que ameritan hospitalización, como en el caso de un brote en una escuela en Italia en el año 1992, en el cual diez niños fueron afectados por *A. butzleri*, tres de los cuales fueron hospitalizados, el síntoma principal fue calambres abdominales sin diarrea (51).

La prevalencia de las especies de *Arcobacter* depende de muchos factores propios de la metodología de detección (33). Existe una carencia de un protocolo oficial y un método de aislamiento que actué como estándar de oro para la identificación de *Arcobacter* (22, 35, 48), lo cual ha causado que los valores de la prevalencia de los distintos estudios no puedan ser comparados entre sí (22). Sin embargo, el reporte de casos y prevalencia evidencia que existe un impacto importante por parte de especies de *Arcobacter* en la salud humana y animal.

Usando métodos de cultivo, la prevalencia reportada de *Arcobacter* en muestras de heces diarreicas en los estudios poblacionales puede variar entre 0,1% en África hasta un 2,4% en Tailandia. Sin embargo, usando métodos moleculares (m-PCR) se encuentra una prevalencia mayor, que oscila entre un 1,2% en Francia hasta un 12,9% en Sudáfrica (21).

Algo que es común en todos los estudios, ya sea que utilicen métodos de aislamiento o moleculares, es que *A. butzleri* presenta la mayor prevalencia, seguido por *A. cryaerophilus* y luego *A. skirrowii* (32, 33).

La coinfección de *Arcobacter* con otros enteropatógenos, incluyendo *C. jejuni*, *C. coli*, *C. concisus* y *Helicobacter pylori* ha sido reconocida (32). Hasta el momento, no se ha establecido de manera clara cuál es el rol que juegan en la infección las características del hospedero, incluyendo edad, sexo y estado inmunológico pero, al igual que con otros patógenos, se estima que son factores predisponentes, que facilitan o

propician la infección. Feraet al. (52) plantean que factores como el estado de salud, la hipertensión y el diámetro de la circunferencia del abdomen, son factores predisponentes para la infección por *Arcobacter* y por otros microorganismos similares.

En los últimos años y a partir de estudios realizados en México, Guatemala e India, se logró demostrar que especies de este género han actuado como agentes causales de diarrea del viajero (40) y en muy pocas situaciones se ha asociado a bacteremia (38).

***Arcobacter* en animales**

El género *Arcobacter* ha sido aislado de muestras del tracto intestinal y muestras de heces de diferentes animales de granja tales como pollos, vacas y cerdos (33), también en otros animales domésticos y salvajes, como perros, peces, moluscos, tortugas, avestruces, monos, mapaches y alpacas (33, 47, 49, 53, 55, 56). En los animales los efectos más serios de la infección varían desde abortos, mastitis y diarrea. Sin embargo, al igual que en los humanos, esta bacteria se ha aislado de animales asintomáticos (33).

Se ha aislado *Arcobacter* en muestras fecales de ganado vacuno (23, 33, 56), en cerdos (33, 42), pollos (33), ovejas y caballos (23). La prevalencia de las distintas especies de *Arcobacter* en animales sanos varía de país a país, pero se observa una menor prevalencia en ganado vacuno que en cerdos (20).

A pesar de que en la carne de pollo se aísla con mucha frecuencia *Arcobacter* spp., la bacteria no se aísla con la misma frecuencia en su tracto intestinal (31). La posible explicación a esta situación sería que la bacteria solamente pasa a través del tracto digestivo sin colonizarlo, posiblemente debido a que la alta temperatura corporal de los pollos (41°C) no contribuiría a crear un hábitat favorable para las especies de *Arcobacter* (31).

La edad de los animales también se ha asociado con la prevalencia de *Arcobacter*. Wesley y Baetz (31), observaron mayores prevalencias en pollos de 56 semanas de edad (57%) con respecto a los pollos de 8 y 16 semanas (1% y 3% respectivamente). En cerdos se observó el mismo fenómeno en Bélgica (56), esto quizá por una mayor tiempo de exposición a un ambiente contaminado, aunque este aspecto está todavía en discusión (20), especialmente porque en algunos estudios en ganado se ha reportado un fenómeno similar al encontrar mayor prevalencia de *A. butzleri* en

vacas que en terneros (28), contrastando con otros, en los que la mayor prevalencia se encuentra en terneros y no en vacas adultas (56).

Rutas de transmisión de *Arcobacter*

Arcobacter es un patógeno potencial de transmisión alimentaria y por vía hídrica (41, 57-59). Además, las especies de *Arcobacter* han sido definidas como agentes de potencial zoonótico debido a su rol patogénico en humanos y animales (20, 60).

Arcobacter spp. es frecuentemente aislado en muestras de origen animal, tales como pollo, cerdo, res y ovejas, la mayor incidencia se encuentra en pollos, seguido de cerdos y luego res (20). La alta prevalencia de *Arcobacter* en los tractos intestinales y muestras fecales de los animales de granja y en muchos productos de carne apoya la hipótesis de que los alimentos son una de sus principales rutas de transmisión (33), planteando que el mal manejo de los alimentos crudos o el consumo de alimentos mal cocidos contaminados de origen animal como carne, leche, mariscos o comida marina son la vía más probable de transmisión de *Arcobacter* (3, 23).

Por otro lado, el agua tiene un rol importante en la transmisión de las especies de *Arcobacter*, tanto para los animales como para los humanos. Se ha estimado que cerca del 63% de las infecciones en humanos se debe al consumo o contacto con agua contaminada (20, 34, 60). Esta bacteria también ha sido recuperada de muestras de aguas ambientales como ríos, lagos, aguas subterráneas y aguas marinas, así como en plankton (47).

Una ruta adicional de transmisión que ha sido planteada para esta bacteria es el contacto cercano con mascotas como perros y gatos, o con sus heces (17, 33, 47, 51, 55). Se ha demostrado transmisión trasplacentaria de *Arcobacter* spp. en cerdas preñadas, así como transmisión horizontal o postnatal de las crías por parte de sus madres, de otros recién nacidos o del ambiente (20).

La transmisión se ve favorecida por características propias de la bacteria que la hacen resistente a ambientes adversos, incluyendo su tolerancia a altas concentraciones de hipoclorito de sodio, a metales pesados, su capacidad de crecer a bajas temperaturas, en ambientes secos y de adherirse a diversas superficies (61). En este sentido, también debe tenerse en cuenta su capacidad para establecer endosimbiosis con amebas de

vida libre, las cuales, además de servirle de transporte, pueden proteger a la bacteria de factores ambientales adversos (50).

Aislamiento y detección

No existe un medio ni un procedimiento estandarizado de referencia para el aislamiento de *Arcobacter* (21) y los medios ensayados para su aislamiento no son de uso cotidiano en los laboratorios clínicos y en algunas ocasiones en los laboratorios de alimentos, por lo que se dificulta aún más el hallazgo e identificación de esta bacteria. Aunado a esto, el uso de antimicrobianos en los medios de aislamiento es de vital importancia para poder aislar *Arcobacter* en muestras de heces, agua y alimentos, ya que la presencia de este microorganismo raramente ocurre como la bacteria dominante en las muestras (22).

Uno de los protocolos más utilizados para el aislamiento de esta bacteria incluye la utilización de un caldo de enriquecimiento suplementado con cefoperazona, anfotericina B y teicoplanina (caldo CAT). Este paso de enriquecimiento es seguido por un aislamiento selectivo, el cual puede realizarse por filtración pasiva en membrana de 0,45 μm colocada sobre agar sangre (21) o utilizando medios con agar y antibióticos, tales como el agar *Arcobacter* y el medio semisólido de Ellinghausen-McCulloch-Johnson-Harris.

También se han desarrollado varios métodos moleculares para la detección de este microorganismo, los cuales han mejorado la sensibilidad y reducido el tiempo requerido por los métodos convencionales para la detección de *Arcobacter* pero, aún no existe consenso en los protocolos a utilizar (21). El más utilizado es el m-PCR usando como blanco los genes 16S o el 23S ARN ribosomal, desarrollado por Houf et al. (22).

Factores de virulencia y patogenicidad

La patogenicidad y los mecanismos de virulencia de *Arcobacter* no han sido estudiados a profundidad y aun no son comprendidos en su totalidad, a pesar de que varios estudios han intentado demostrar la capacidad de adherencia, de invasión y la citotoxicidad de esta bacteria en varias líneas celulares (4, 20, 21).

En general, estos estudios han encontrado que las cepas de *A. butzleri* mostraron un 50% (36/72) y un 100% (78/78) de adherencia, 13% (4/30) de invasión y un 83% (133/161) citotoxicidad (4, 20, 21, 37).

Por otro lado, en el caso de *A. cryaerophilus* se ha

demostrado que un 64% (14/22) de las cepas mostraron en los cultivos celulares la capacidad de adherencia, invasión un 50% (5/10) y un 100% (14/14) causó citotoxicidad (4, 20, 21). Esta es la especie que presenta mayor capacidad de invasión. La virulencia de esta especie fue de las primeras que se describió cuando se observó que las cepas investigadas inducían la acumulación de fluidos y electrolitos en ensayos en intestino de rata y mostró invasión en cultivos celulares en las células Hep-2 (21).

Para el caso de *A. skirrowi*, de 19 cepas evaluadas, todas presentaron la capacidad de adherencia y ninguna la capacidad de invadir las células. Sin embargo, un 89% (17/19) de las cepas demostraron citotoxicidad en cultivos celulares (20).

Resistencia a antibióticos

La mayoría de los casos de enteritis causada por *Arcobacter* son autolimitadas y no requieren de terapia antimicrobiana, aunque la severidad y prolongación de los síntomas pueden justificar la antibioticoterapia. Para el caso de *Arcobacter* no se han estandarizado los test de susceptibilidad y se han ensayado E-test, dilución en agar, difusión en agar por discos, métodos de microdilución en caldo (11, 47, 48, 62), los cuales han revelado que algunas cepas de *A. butzleri* son resistentes a la clindamicina, azitromicina, ciprofloxacina, metronidazole, carbenicilina, a la cefoperazona, al cloranfenicol y ampicilina (11, 39, 62).

El tratamiento con fluoroquinolonas y tetraciclina se ha propuesto para el tratamiento de las infecciones por *Arcobacter* tanto en animales como en humanos (48) ya que estos presentan una buena actividad contra las cepas de *Arcobacter* (47, 48).

CONCLUSIONES

A pesar de que *Arcobacter* sp. no es el microorganismo de mayor importancia para la salud pública ni cuenta con la importancia que se le brinda a otros enteropatógenos de transmisión alimentaria, el incremento en los datos de prevalencia e incidencia de casos y el aumento de reportes e investigaciones sugiere que la infección en humanos y animales ha sido subestimada, debido a la carencia de un protocolo estándar para el aislamiento primario de este organismo y al uso de correctos métodos y técnicas de identificación.

La tendencia en el incremento en el hallazgo de

Arcobacter en alimentos derivados de animales y en muestras tomadas durante el proceso de producción de alimentos, hace que aumente la preocupación en materia de salud pública, ya que aún se conoce muy poco del potencial patogénico de las especies de *Arcobacter* y los pocos estudios que se han llevado a cabo, muestran una gran cantidad de especies hospederas y muchas rutas distintas de transmisión.

Es necesario el desarrollo de métodos y protocolos de aislamiento e identificación para *Arcobacter*, uniformes eficientes, robustos y fáciles de implementar. La utilización de métodos moleculares, se plantea como una opción de alta sensibilidad y especificidad para la identificación de *Arcobacter* en diferentes matrices.

En Costa Rica, ya se ha reportado la presencia de *Arcobacter* en carne de pollo, pero aún se desconoce la prevalencia, tanto en pollo como en otros alimentos de origen animal, al igual que en agua de consumo, mataderos, animales y en humanos sanos y sintomáticos, etc. Es evidente la creciente importancia de esta bacteria en la salud pública, no obstante, aún hay mucha investigación que realizar al respecto.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento recibido a través de los proyectos 803 B1 039, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica y Fondecyt 1110202

REFERENCIAS

1. Kershenobich D. Enfermedades Emergentes. El ejercicio actual de la Medicina. UNAM. 2008.
2. Vandamme P & De Ley J. Proposal for a New Family, Campylobacteraceae. Int. J. System. Bacteriol. 1991. 41: 451-455
3. Collado L, Guarro J &, Figueras M. Prevalence of *Arcobacter* in meat and shellfish. J. Food Prot. 2009. 72: 1102-1106.
4. Shah A.A, Saleha Z, Zunita M & Murugaiyah M. *Arcobacter* an emerging threat to animals and animal origin food products?. Trends Food Sci. Technol. 2011. 22: 225-236.
5. Ellis W, Neill S, O'Brien J, Ferguson H & Hanna J. Isolation of *Spirillum*/Vibrio-like organisms from bovine fetuses. Vet. Record. 1977. 100: 451-452.
6. Ellis W, Neill S, O'Brian J & Hanna J. Isolation of *Spirillum* like organism from pig fetuses. Vet. Record. 1978. 102: 106.
7. Neill S, Campbell J, O'Brian J, Weatherup S & Ellis W. Taxonomic position of *Campylobacter cryoaerophila* species nov. Int. J. System. Bacteriol. 1985. 35: 342-356.
8. Neill S, Ellis W & O'Brian. J. Designation of aerotolerant *Campylobacter* like organism from porcine and bovine abortion to the genus *Campylobacter*. Research Vet. Sci. 1979. 27: 180-186.
9. Vandamme P, Vancanneyt M, Pot B, Mels L, Hoste B, Dewettinck D, Vlaes L, Van den Borre C, Higgins R, & Hommez J. Polyphasic taxonomic study of the emended genus *Arcobacter butzleri* comb. nov. and *Arcobacter skirrowii* sp. nov., an aerotolerant bacterium isolated from veterinary specimens. Int. J. System. Bacteriol. 1992. 42: 344-356.
10. McClung C, Patriquin D & Davis R. *Campylobacter nitrofigilis* sp. nov, a nitrogen-fixing bacterium associated with roots of *Spartina alterniflora* Loisel. Int. J. System. Bacteriol. 1983. 33: 605-612
11. Houf K, On S, Coenye T, Mast J, Van Hoof J & Vandamme P. *Arcobacter cibarius* sp. nov isolated from broiler carcasses. Int. J. System. Evol. Microbiol. 2005. 55: 713-717.
12. Donachie S, Bowman J, On S & Alam M. *Arcobacter halophilus* sp. nov., the first obligate halophile in the genus *Arcobacter*. Int. J. System. Evol. Microbiol. 2005. 55: 1271-1277.
13. Figueras M, Collado, Levican A, Perez J, Solsona M & Yustes C. *Arcobacter molluscorum* sp. nov., New species isolated from shellfish. Int. J. System. Evol. Microbiol. 2011. 34: 105-109.
14. Collado L, Levican A, Perez J, & Figueras M. *Arcobacter defluvii* sp. nov., isolated from sewage. Int. J. System. Evol. Microbiol. 2010. 61: 2155-2161.
15. Kim H, Hwang C, & Cho B. *Arcobacter marinus* sp. nov., Int. J. System. Evol. Microbiol. 2010. 60: 2172-2178.
16. De Smet, S, Vandamme P, De Zutter L, On SL, Doudah L, Houf K. *Arcobacter trophiarum* sp. nov., isolated from fattening pigs. Int. J. System. Evol. Microbiol. 2011. 61: 356-361.
17. Houf K, On S, Coenye T, Debruyne L, De Smet S & Vandamme P. *Arcobacter thereius* sp. nov., isolated from pigs and ducks. Int. J. System. Evol. Microbiol. 2009. 59: 2599-2604.
18. Levican A, Collado L, Aguilar C, Yustes C, Diéguez A, & Romalde J, Figueras MJ. *Arcobacter bivalviorum* sp. nov. and *Arcobacter veneriupis* sp. nov., new species isolated from shellfish. System. Appl. Microbiol. 2012. 35: 133-138.
19. Wirsen C, Siever, S, Cavanaugh C, Molyneaux S, Ahmad A, & Taylor L. Characterization of an autotrophic sulfide-oxidizing marine *Arcobacter* species that

- produces filamentous sulfur. Appl. Environm. Microbiol. 2002. 68: 316-325.
20. Ho H, Lipman L & Gastra W. *Arcobacter*, what is known and unknown about a potential foodborne zoonotic agent!. Vet. Microbiol. 2006. 115: 1-13.
 21. Collado L & Figueras M. Taxonomy, epidemiology and clinical relevance of the genus *Arcobacter*. Clin. Microbiol. Rev. 2011. 24: 174-192.
 22. Houf K, Devriese L, De Zutter L, Van Hoof J, & Vandamme P. Susceptibility of *Arcobacter butzleri*, *Arcobacter cryaerophilus*, and *Arcobacter skirrowii* to Antimicrobial Agents Used in Selective Media. J. Clin. Microbiol. 2001. 39: 1654-1656.
 23. Van Driessche E., Houf K, Van Hoof J, De Zutter L, & Vandamme, P. Isolation of *Arcobacter* species from animal feces. FEMS Microbiology Letters. 2003. 229: 243-248.
 24. Vindigni S, Srijan Wongstitwilairoon, B, Marcus R, Meek J, Riley P, & Mason C. Prevalence of foodborne microorganisms in retail foods in Thailand. Foodborne Path Dis. 2007. 4: 208-215.
 25. Scullion R, Harrington S, & Madden R. Prevalence of *Arcobacter* spp. in raw and retail raw milk and retail meats in Northern Ireland. J. Food Prot. 2006. 69: 1986-1990.
 26. Aydin F, Gumussoy S, Atabay H, Ica T & Abay S. Prevalence and distribution of *Arcobacter* species in Turkey and molecular analysis of isolated strains by ERIC-PCR. J. Appl. Microbiol. 2007. 103: 27-35.
 27. Villaruel-Lopez A, Márquez-González M, Garay-Martínez L, Zepeda H, Castillo A, Mota de la Garza L, Murano E, & Torres-Vitela R. Isolation of *Arcobacter* spp. from retail meats and cytotoxic effects of isolates against vero cells. J. Food Prot. 2003. 66: 1374-1378.
 28. Golla S, Murano E, Johnson L, Tipton N, Cureington E, & Savell J. Determination of the occurrence of *Arcobacter butzleri* in beef and dairy cattle from Texas by various isolation methods. J. Food Prot. 2002. 65: 1849-1853.
 29. De Boer E, Tilburg J, Woodward D, Lior H, & Johnson M. A selective medium for the isolation of *Arcobacter* from meats. Lett. Appl. Microbiol. 1996. 23: 64-66.
 30. Arias M, Cid A, & Fernández H. *Arcobacter butzleri*: First isolation report from chicken carcasses in Costa Rica. Braz. J. Microbiol. 2011. 42: 703-706.
 31. Wesley I, & Miller G. *Arcobacter* an opportunistic human food-borne pathogen?, In: Scheld, W.M., Grayson, M.L., Hughes, J.M., editors. Emerging Infections 9. Washington, DC: American Society for Microbiology Press. 2010. p. 185-211.
 32. Samie A, Obi C, Barrett, Powell S, & Guerrant, R. Prevalence of *Campylobacter species*, *Helicobacter pylori* and *Arcobacter* species in stool samples from the Venda region, Limpopo, South Africa: Studies using molecular diagnostic methods. J. Infectol. 2007. 54: 558-566. 81
 33. Patyal A, Rathore R, Mohan H, Dhama K, & Kumar A. Prevalence of *Arcobacter* spp. in humans, animals and foods of animal origin including sea food from India. Transbound. Emerg. Dis. 2011. 58: 402-410.
 34. Kielbauch J, Plikaytis B, Swaminathan B, Cameron D, & Wachsmuth I. Restriction fragment length polymorphisms in the ribosomal genes for species identification and subtyping of aerotolerant *Campylobacter* species. J. Clin. Microbiol. 1991. 29: 1670-1676.
 35. Snelling W, Matsuda M, Moore J, & Dooley J. Under the microscope: *Arcobacter*. Lett. Appl. Microbiol. 2006. 42: 7-14. 82
 36. Bucker R, Troeger H, Kleer J, Fromm M, & Schulzke J. *Arcobacter butzleri* induces barrier dysfunction in intestinal Ht-29/B6 cells. J. Infect. Dis. 2009. 200: 756-764.
 37. Fernández H, Flores S, & Inzunza F. *Arcobacter butzleri* strains isolated from different sources display adhesive capacity to epithelial cells in vitro. Acta Scientiae Veterinariae. 2010. 38: 283-287.
 38. Yan J, Ko W, Huang A, Chen H, Jin Y, & Wu J. *Arcobacter butzleri* bacteremia in a patient with liver cirrhosis. J. Formosan Med Ass. 2000. 99: 166-169.
 39. Teague N, Srijan A, Boonchai W, Poramathikul K, Champathai T, & Supaporn R. Enteric pathogen sampling of tourist restaurants in Bangkok, Thailand. J. Travel Med. 2010. 17: 118-123.
 40. Jiang Z, DuPont H, Brown E, Nandy R, Ramamurthy T, & Sinha A. microbial etiology of traveller's diarrhea in Mexico, Guatemala, and India: importance of enterotoxigenic *Bacteriodes fragilis* and *Arcobacter* species. J. Clin. Microbiol. 2010. 1417-1419.
 41. Lehner A, Brumberger V, & Preac-Mursic V. Severe diarrhea associated with *Arcobacter butzleri*. Europ. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 1994. 13: 660-662.
 42. Houf K, & Stephan R. Isolation and characterization of the emerging foodborne pathogen *Arcobacter* from human stool. J. Microbiol. Meth. 2007. 68: 408-413.
 43. Kabeya H, Maruyama S, Morita Y, Ohsuga T, Ozawa S, Kobayashi Y, Abe M, Katsube Y, & Mikami T. Prevalence of *Arcobacter* species in retail meats and antimicrobial susceptibility of the isolates in Japan. Int. J. Food Microbiol. 2004. 90: 303-308.
 44. Debruyne L, Houf K, Doudah L, De Smet S, & Vandamme P. Reassessment of the taxonomy of *Arcobacter cryaerophilus*. System. Appl. Microbiol. 2010. 33: 1-14.
 45. Doudah L, De Zutter L, Vandamme P & Houf K. Identification of five human and mammal associated *Arcobacter* species by novel Multiplex-PCR assay. J.

- Microbiol. Meth. 2010. 80: 281-286.
46. Figueras M, Levican A, Collado L, Inza I & Yustes C. *Arcobacter ellisii* sp. nov. isolated from mussels. System. Appl. Microbiol. 2011. 34: 414-418.
 47. Fera M, Maugueri T, Gugliandolo C, La Camera E, Lentini V, Favalaro A, Bonanno D, & Carbone, M. Induction and resuscitation of viable nonculturable *Arcobacter butzleri* cells. Appl. Environm. Microbiol. 2008. 74: 3266-3268.
 48. Vandenberg O, Dediste A, Houf K, Ibekwem S, Souavah H, Cadranel S, Douat N, Zissis G, Butzler JP, & Vandamme P. *Arcobacter* species in Humans. Emerg. Infect. Dis. 2004. 10: 1863-1867.
 49. Fera M, La Camera E, Carbone H, Malara D, & Pennisi, M. Pet cats as carriers of *Arcobacter* spp. in Southern Italy. J. Appl. Microbiol. 2009. 3266-3268.
 50. Fernández H, Villanueva M & Medina G. Endosymbiosis de *Arcobacter butzleri* en *Acanthamoeba castellanii*. Rev. Arg. Microbiol. 2012. 44: 133
 51. Vandamme P, Pugina P, Benzi G, Van Etterijck R, Vlaes L, Kerster, K, Butzler J, Lior H, & Lauwers S. Outbreak of recurrent abdominal cramps 84 associated with *Arcobacter butzleri* in an Italian School. J. Microbiol. 1992. 30: 2335-2337.
 52. Fera M, Russo G, Di Benedetto A, La Camera E, Orlando A, Anna O, Giandalia A, Ruffa V, Lanza G, Lentini V, Perdichizzi G, & Cucinotta D. High prevalence or *Arcobacter* carriage in older subjects with Diabetes type II. J. Biomedic. Biotech . 2010. 69: 1-7.
 53. Wesley I, Schroeder-Tucker L, & Franklin, S. Recovery of *Arcobacter* species from exotic animal species. Int. J. Med. Microbiol. 2003. 293-305.
 54. Hamir A, Sonn R, Franklin S, & Wesley I. *Campylobacter jejuni* and *Arcobacter* species associated with intussusception in a raccoon (*Pocyon lotor*). Vet. Records. 2004. 155: 338-340.
 55. Fernández H, Vera, F, & Villanueva MP. *Arcobacter* and *Campylobacter* species in birds and mammals from southern Chile. Arch. Med. Vet. 2007. 39: 163-165.
 56. Van Driessche E., Houf K., Vangroenweghe F, De Zutter L, & Van Hoof. Prevalence, enumeration and strain variation of *Arcobacter* species in faeces of healthy cattle in Belgium. Vet. Microbiol. 2005. 105: 149-154.
 57. González A, & Ferrus M. Study of *Arcobacter* spp. contamination in fresh lettuces detected by different cultural and molecular methods. Int. J. Food Microbiol. 2010. 145: 311-314.
 58. Gugliandolo C, Irrera G, Lentini V & Maugueri T. Pathogenic *Vibrio*, *Aeromonas* and *Arcobacter* spp. associated with copepods in the straits of Messina (Italy). Marine Pollution Bull. 2008. 580-606.
 59. Miller W, Wesley I, On S, Houf, W, Megraud F, & Wang G. First multi-locus sequence typing scheme for *Arcobacter* spp. BMC Microbiol. 2009. 9: 196-197.
 60. Cardoen S, Van Huffel X, Berkvens D, Quoilin S, Ducoffre G, Saegerman C, Speybroeck N, Imberechts H, Herman L, Ducatelle R & Dierick, K. Evidence based semi-quantitative methodology for prioritization of foodborne zoonosis. Foodborne Pathogens and Disease. 2009. 6: 1-13.
 61. Cervenka, L. Survival and Inactivation of *Arcobacter* spp., a current status and future prospect. Crit. Rev. Microbiol. 2007. 33: 101-108
 62. Otth L, Wilson M, Cancino R & Fernández H. In vitro susceptibility of *Arcobacter butzleri* to six antimicrobial drugs. Arch. Med. Vet. 2004. 36: 207-210.

Recibido: 01-04-2013

Aceptado: 27-06-2013

Efecto bacteriostático y/o bactericida del xilitol sobre cultivos de *Listeria monocytogenes*.

Morón de Salim Alba Rosa, Ramírez Mérida Luis Guillermo

Departamento de Bioquímica Escuela de Ciencias Biomédicas y Tecnológicas-UC. Instituto de Investigaciones en Nutrición (INVESNUT). Universidad de Carabobo Sede Valencia
Unidad de Biotecnología Aplicada, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT) Universidad de Carabobo Sede Valencia. Venezuela

RESUMEN. *Listeria monocytogenes* ha sido considerado como un patógeno emergente causante de enfermedades alimentarias. En la búsqueda de una vía alterna biocontroladora de su propagación, se propone al xilitol como posible agente bacteriostático y/o bactericida. El xilitol es un polirol derivado de la hidrogenación del monosacárido xilosa de relevancia en la industria farmacéutica por su efecto anticariogénico. Para comprobar el efecto del xilitol como posible agente bacteriostático y/o bactericida sobre *Listeria monocytogenes*, se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI), el tiempo mínimo de inhibición (TMI) y la concentración bactericida mínima (CBM) de soluciones de xilitol en cultivos de *Listeria monocytogenes* ATCC 7635. Se aplicó el método de difusión en agar, utilizando soluciones de xilitol en concentraciones de 0 a 10%, respectivamente, para la CMI. El TMI se determinó por curvas de crecimiento en caldo Soya tripticasa con soluciones de 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 y 20% de xilitol, respectivamente, con un inóculo inicial de 108 UFC de *Listeria monocytogenes* por mL en cada solución. Se observó que la CMI fue con la solución del 1% de xilitol; el TMI fue de 10 horas con las concentraciones de 1 a 10% y de 7 horas al aplicar 20% xilitol. Se comprobó que efectivamente el xilitol tiene poder bacteriostático sobre *Listeria monocytogenes* ($p < 0.001$), más sin embargo, no se obtuvo efecto bactericida en los ensayos realizados.

Palabras clave: *Listeria monocytogenes*, xilitol, concentración mínima inhibitoria, tiempo mínimo inhibitorio

SUMMARY. **Bacteriostatic effect and/or xylitol bactericide of crops on *Listeria Monocytogenes*.** *Listeria monocytogenes* has been considered as an emerging pathogen causing foodborne illness. In the search for an alternate route biocontrol propagation, xylitol has been proposed as a possible bacteriostatic and / or bactericide. Xylitol is a polyol derived from the hydrogenation of xylose monosaccharide of importance in the pharmaceutical industry for its anti-cariogenic effect. To check the possible effect of xylitol as bacteriostatic and /or bactericidal against *Listeria monocytogenes*, it was determined the minimum inhibitory concentration (MIC), the time minimum inhibition (TMI) and minimum bactericidal concentration (MBC) of xylitol solutions on *Listeria monocytogenes* ATCC 7635. The agar diffusion method was applied, using xylitol solutions at concentrations of 0-10%, respectively, for the MIC. The TMI was determined by growth curves in trypticase soy broth with solutions 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 and 20% of xylitol, respectively, with an initial inoculum of 108 CFU per ml of *Listeria monocytogenes* in each solution. MIC observed was the solution 1% of xylitol; the TMI was 10 hours to concentrations of 1 to 10% and 7 hours to apply 20% xylitol. It was found that xylitol has bacteriostatic power on *Listeria monocytogenes* ($p < 0.001$), but not bactericide effect.

Key word: Minimum inhibitory concentration, xylitol, *Listeria monocytogenes*

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), son consideradas una importante carga de enfermedad en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que en países menos desarrollados, las ETA son la principal causa de enfermedad y muerte, asociadas a una carga socio-económica significativa. En los países desarrollados, las ETA son responsables de

los altos niveles de pérdida de productividad, costos asociados al uso de los servicios de salud y a la implementación y monitoreo de políticas de inocuidad de los alimentos (1).

Alrededor de 250 agentes causantes de ETA, han sido descritos, entre los que se incluyen bacterias, virus, hongos, parásitos, priones, toxinas y metales (2). Los cambios en los hábitos alimentarios de la sociedad, así como el consumo de alimentos envasados,

comidas fuera del hogar, expendio de comidas preparadas y comidas rápidas, son factores que contribuyeron al incremento de las ETA (3).

Por otro lado, se ha estimado que un 30%, de la población en países industrializados se ha visto afectada por ETA, mientras que en los países en vías de desarrollo la incidencia pudiese ser mayor (1), siendo *Listeria monocytogenes*, una de las bacterias responsables; las enfermedades causadas son producidas por el consumo de alimentos contaminados con este microorganismo; afectando principalmente a mujeres embarazadas, a recién nacidos y hospederos inmunodeprimidos (4). Esta bacteria puede ser aislada del suelo, agua, vegetales y contenido fecal de una amplia gama de animales; es un contaminante común de alimentos frescos y procesados, de origen animal y vegetal (hortalizas), leche y lácteos no pasteurizados, carne de vaca, cerdo y aves, embutidos ahumados o fermentados y pescados ahumados. Es capaz de producir biofilm en alimentos, crece a temperaturas de refrigeración, resiste condiciones adversas de pH y altas concentraciones de NaCl. Dadas estas características y el hecho de ser ubicua, *L. monocytogenes* tiene muchas oportunidades de entrar a las líneas de producción de alimentos y colonizar—en 1 a 10% causar portación transitoria— o enfermar a quienes los ingieren. (4). El inóculo exacto y el periodo de incubación son desconocidos; se cree que se necesitan más de 103 microorganismos y entre 11 y 70 días para que se produzca la infección invasiva (5,6).

En Venezuela no se han confirmado casos de listeriosis, sin embargo, vale acotar que entre los datos disponibles de ETA en el país, se reportaron 37 brotes con 950 personas afectadas para el año 2003 (7).

Si bien es cierto que la incidencia anual de listeriosis puede parecer relativamente baja en comparación con otras ETAs, hay que considerar que esta patología se ha posicionado como una de las enfermedades transmitidas por alimentos más importantes, debido al aumento de la población susceptible, las implicaciones a nivel clínico y su alta tasa de letalidad, así como la ubicuidad del patógeno lo que hace que *Listeria monocytogenes*, emerja, hoy en día, como uno de los microorganismos de mayor riesgo para las poblaciones susceptibles y donde los alimentos que son su principal vehículo de diseminación, estén totalmente libres de este microorganismo, dado que los tratamientos utilizados en la industria alimenticia, para disminuir o

eliminar la carga bacteriana, no son del todo eficaces frente a *Listeria monocytogenes* (8-10).

En este sentido y con la intención de aportar medios sencillos y eficaces que permitan reducir al mínimo la cantidad de *Listeria monocytogenes* en los alimentos se propuso la utilización de soluciones de xilitol, sustancia no tóxica y con un potencial efecto bacteriostático y/o bactericida sobre *Listeria monocytogenes*.

El xilitol, poliálcool derivado de la hidrogenación del monosacárido xilosa; se presenta en pequeñas cantidades, en frutas y verduras y producido por ciertos hongos y levaduras. Es un intermediario del metabolismo de los carbohidratos en humanos; no altera los niveles de glucosa en sangre, por lo que ha sido el sustituto de la glucosa en pacientes diabéticos, lo que le ha dado al xilitol especial relevancia en la industria farmacéutica y alimenticia (11,12).

En un estudio realizado para comprobar la eficacia de la utilización de xilitol en la prevención de la caries dental en niños pequeños, los investigadores indicaron que no se observaron diferencias significativas en los niveles de estreptococos mutans y lactobacilos durante el tiempo de experimentación, pero si observaron que la aplicación diaria xilitol redujo significativamente la incidencia de caries en los niños en comparación con aquellos que no usaron xilitol, lo que sugiere que el uso de xilitol puede ser un complemento útil para el control de la caries en los niños (13).

Otros experimentos in vitro comprobaron que el xilitol inhibe el crecimiento de *Streptococcus pneumoniae* y reduce la adhesión del *Haemophilus influenzae* en las células de la nasofaringe, de igual modo se ha demostrado que previene los casos de otitis media aguda en infantes (14,15).

Tomando en consideración el comprobado efecto biológico que el xilitol ha tenido sobre microorganismos, así como la capacidad de no alterar las propiedades organolépticas de los alimentos, se propuso evaluar el efecto bacteriostático y/o bactericida que pudiesen tener soluciones de xilitol frente a *Listeria monocytogenes*.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de Soluciones de Xilitol.

Se prepararon soluciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 20% de xilitol grado analítico (Sigma Chemical

Co.) y ajustada con solución Buffer fosfato pH 7,5

Preparación del Inóculo.

Se usó la técnica de Ramírez y col 2012 (16). Para ello se tomó una azada del cultivo de *Listeria monocytogenes* ATCC 7635 y se sembró en placas de agar nutritivo, incubándose a 35°C por un período de 4 a 6 horas, para lograr la fase logarítmica. Posteriormente, de este cultivo, se tomaron azadas de las colonias y se preparó una suspensión con agua estéril, ajustando la densidad de la suspensión del cultivo por comparación de su turbidez con el estándar de 0,5 de Mc Farland de BaSO₄, mediante este procedimiento se garantizó un inóculo inicial de 10⁸ UFC de *Listeria monocytogenes*/mL.

Método de difusión en Agar.

Se aplicó el método de Kirby Barner, empleado por Ramírez y col 2012 (16). Para esta prueba se prepararon placas de Petri con agar PALCAM con un grosor de 6 mm en cada placa. Una vez solidificado el agar, se impregnaron hisopos estériles con la solución de *Listeria monocytogenes* ATCC 7635 y se procedió a inocular cada una de las placas, cubriendo todo el espacio disponible, hasta obtener una distribución uniforme de las colonias. Por otro lado, discos de papel de filtro Watman N° 54, con diámetro de 6 mm, y estériles, fueron impregnados con las soluciones de concentraciones específicas de xilitol, previamente preparadas, y se colocaron en las placas inoculadas anteriormente; se colocaron cinco (5) discos de concentraciones diferentes de extracto de xilitol por placa inoculada. Las placas fueron incubadas a 37°C, se observaron a las 24 y 48 horas de incubación. Los halos de inhibición alrededor de los discos, fueron medidos con una regla milimetrada, los ensayos se llevaron a cabo por duplicado. Como patrón de referencia, de los antibiogramas, se utilizaron discos de Ampicilina y Gentamicina específicos para la inhibición de *Listeria* en concentraciones de 10 µg respectivamente.

Determinación del tiempo mínimo de inhibición (TMI).

Se siguió la metodología empleada por Ramírez y col [16]. El tiempo mínimo de inhibición se determinó midiendo el crecimiento bacteriano, en medios de cultivos de caldo nutritivo al cual se le añadieron soluciones de 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 y 20% de xilitol,

respectivamente. Se tomaron nueve (9) frascos de Erlenmeyer de 50 mL y se dispensaron 10 mL de caldo nutritivo a cada uno, luego los frascos se autoclavaron a 121°C por 15 min. Una vez autoclavados, a cada uno de los frascos se les agregó 10 mL de solución de xilitol. En el número 1 se agregó solución al 1%, en el 2 al 2% y así sucesivamente. Seguidamente se tomó uno de los frascos y se colocaron 10 mL de agua estéril, reservándola como solución de 0% xilitol. El frasco restante sólo contenía caldo nutritivo, siendo utilizado como blanco. A cada uno de los frascos, a excepción del frasco con solución blanco, se agregó 0,1 mL de suspensión de *Listeria monocytogenes* 10⁸ UFC/mL

Inmediatamente después de inocular las soluciones con la suspensión bacteriana, se procedió a medir la absorbancia de cada una, utilizando un espectrofotómetro Thermo Spectronic Génesys UV, con una longitud de onda de 540 nm.

Todos los frascos con las soluciones fueron incubados a 37°C y a intervalos de una hora se le realizaron las mediciones de absorbancia de cada solución hasta una vez transcurridas 48 horas desde la primera medición. Con los datos obtenidos se graficaron las curvas de crecimiento respectivas.

Se comparó la curva resultante de cada concentración de la solución de xilitol con la curva de 0%, a fin de evidenciar diferencias significativas en el crecimiento de *Listeria monocytogenes*. Todos los experimentos fueron llevados a cabo por duplicado.

Concentración Bactericida Mínima.

La prueba para determinar la Concentración Bactericida Mínima se realizó sólo en aquellos caldos en los que no se obtuviera crecimiento bacteriano, es decir, absorbancia cero, en las mediciones para las curvas de crecimiento a las respectivas concentraciones de xilitol, en la prueba de Tiempo Mínimo de Inhibición. De cada uno de esos frascos de Erlenmeyer, se tomó una azada de ese caldo, y se sembró en una placa de Petri con agar Palcam, utilizando para ello una espátula de Drigalski. Este mismo procedimiento se realizó en los frascos contentivos de las soluciones de xilitol donde no se apreció crecimiento bacteriano alguno, o resultantes de 0% absorbancia. Cada una de las placas se incubó a 37°C durante 24h.

Luego de las 24h se observaron las placas y se seleccionaron aquellas en la que no hubo crecimiento

bacteriano y cuyo inóculo provino del frasco con menor dilución. La menor dilución en la que no se desarrollaron bacterias en la placa se tomó como la concentración bactericida mínima.

Análisis de los Datos.

Los datos relativos a la formación o no del halo de inhibición microbiológico, así como su grosor, se promediaron, se procesaron a través de un análisis descriptivo (media aritmética) y se construyeron diagramas de cajas y aristas (BOX & WHISKER PLOT) en relación a la media de los halos de inhibición obtenidos.

Para determinar cambios en la dinámica de crecimiento en *Listeria monocytogenes*, de acuerdo a las concentraciones de soluciones de xilitol usadas en el estudio, se promediaron y se graficaron las densidades ópticas obtenidas, a fin de presentar las respectivas curvas de crecimiento microbiano, comparando cada uno de los tratamientos mediante la aplicación de la prueba de correlación de Spearman (prueba no paramétrica que mide la diferencia entre una distribución observada y otra esperada). Los datos fueron procesados a través del programa estadístico STATISTIX 9.0.0.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los halos de inhibición logrados en los cultivos de *Listeria monocytogenes* al aplicar diferentes concentraciones de soluciones de xilitol por el método de difusión en agar. Se puede apreciar que todas las concentraciones de xilitol ejercieron cierto efecto bacteriostático o inhibidor sobre la bacteria *Listeria monocytogenes* al obtenerse halos de inhibición con cada una de las concentraciones.

En la Figura 1 se aprecia que los halos de inhibición se hacen más grandes a medida que aumenta la concentración de xi-

TABLA 1 Halos de inhibición obtenidos con diferentes concentraciones de xilitol en cultivos de *Listeria monocytogenes*.

| Concentración (%) | A (diámetro en mm) | B (diámetro en mm) | Media |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------|
| 1 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 1 | 2 | 1,5 |
| 3 | 1 | 2 | 1,5 |
| 4 | 2 | 1 | 1,5 |
| 5 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | 2 | 3 | 2,5 |
| 7 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 2 | 3 | 2,5 |
| 9 | 2 | 3 | 2,5 |
| 10 | 3 | 4 | 3,5 |

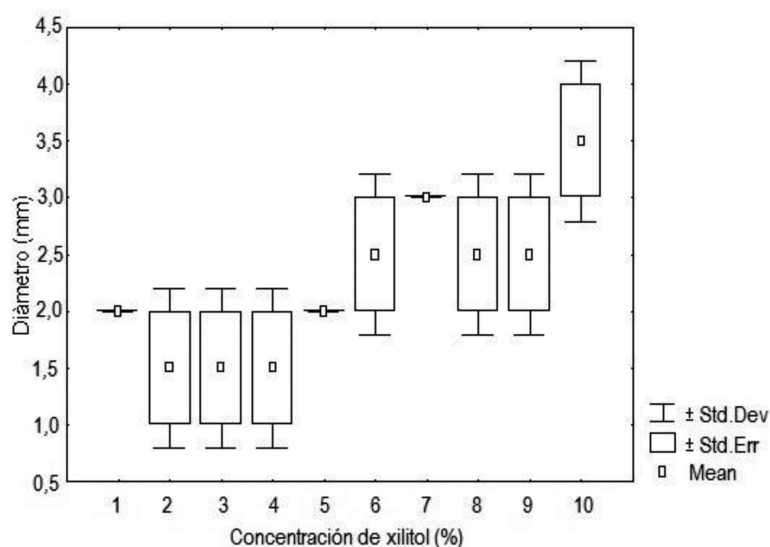


FIGURA 1 Diagrama de cajas y aristas (BOX & WHISKER PLOT) por grupo con relación al diámetro del halo de inhibición de los discos en el cultivo de *Listeria monocytogenes* en presencia de xilitol.

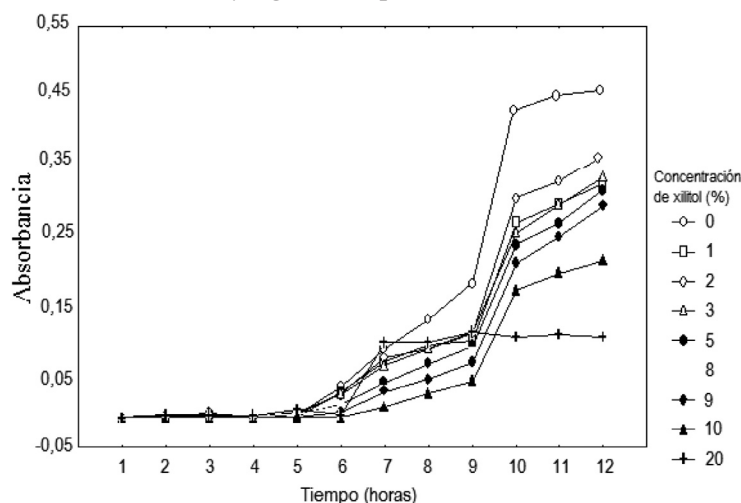


FIGURA 2 Curva de crecimiento bacteriano de *Listeria monocytogenes* a diferentes concentraciones de xilitol.

litol, lo que hace evidentemente que existe una correlación entre la concentración de xilitol y su efecto inhibitorio sobre *Listeria monocytogenes*.

Por otro lado las curvas de crecimiento de *Listeria monocytogenes* se muestran en la Figura 2, se observa la curva control en caldo nutritivo (0% xilitol), frente a las curvas de crecimiento del microorganismo en soluciones de xilitol a concentraciones de 1, 2, 3, 5, 8, 9 y 10 por ciento respectivamente. En la curva con 0% de xilitol o curva control, se aprecia que durante las 5 primeras horas no hubo crecimiento de la bacteria luego de realizado el inóculo, cumpliéndose la fase de latencia o adaptación, culminando esta fase a las 5 horas.

Posteriormente el microorganismo entra en la fase logarítmica o exponencial, que se representa por un pico máximo de absorbancia de 0,426 a las 10 horas de incubación para luego caer en fase estacionaria hasta el final de las mediciones. Durante las primeras 5 horas, posteriores al inóculo del microorganismo, las curvas de crecimiento de *Listeria monocytogenes* mantienen un patrón similar, por encontrarse en fase adaptativa; sin embargo, a partir de la hora 6 existe una clara diferencia entre la curva control y las curvas resultantes de la aplicación de xilitol a sus diferentes concentraciones (1-10%), ya que las absorbancias son menores, indicando que existe un menor crecimiento de la bacteria en presencia de xilitol. Sin embargo, el inicio de la fase exponencial ocurre a las 6 horas post inóculo y la misma culmina a las 10 horas, tal como sucede en la curva control.

La curva de 20% xilitol muestra un periodo de adaptación más prolongado, ya que este se extiende durante las primeras 6 horas post inóculo. Pasada estas 6 horas la curva entra en fase exponencial logrando un pico de absorbancia de 0,101 a la hora 7, donde luego entra en fase estacionaria hasta el final de las mediciones. Con ello se evidencia que la fase logarítmica de la curva sólo tuvo una hora de duración, acortándose sustancialmente en relación a las curvas observadas en las demás concentraciones de xilitol. Se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$) al relacionar la curva de crecimiento normal con respecto a las distintas soluciones de concentraciones variables de xilitol.

Los resultados mostrados indican que el xilitol efectivamente reduce el crecimiento de *Listeria monocytogenes* durante la fase exponencial, manteniéndose luego por debajo de los valores registrados en la

curva control. Tal efecto del tipo bacteriostático se incrementa a medida que aumenta la concentración de xilitol y es posible observarlo en cada una de las soluciones aplicadas.

Mención aparte merece el comportamiento observado en la curva con 20% de xilitol, ya que se pudo lograr una sustancial inhibición en el desarrollo de la bacteria, si se compara con el resto de las curvas.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se relacionan con los logrados por Kurolo y col. (17), quienes señalaron que el xilitol inhibe el crecimiento de bacterias como *Streptococcus pneumoniae*. En los ensayos clínicos, el xilitol reduce la incidencia de otitis media aguda en niños, pero no disminuye el portador nasofaríngeo de neumococos. La exposición al xilitol en soluciones de 0,5% redujo los valores de densidad óptica, que fueron utilizados como una indicación de la biopelícula que puede explicar en parte la eficacia de xilitol para prevenir la otitis media aguda en los ensayos clínicos; efecto que de igual manera se incrementa con el aumento de la concentración de xilitol, en el presente trabajo, ya que con 1% de xilitol el porcentaje de inhibición logrado fue aproximadamente 35% y de 72% de inhibición al aplicar 5% de xilitol. De esta manera se confirma la relación existente entre la concentración de xilitol y su efecto inhibitorio frente a ciertas bacterias, tal como es el caso también de *Listeria monocytogenes*.

Esta consecuencia podría explicarse por el hecho de que *Listeria monocytogenes* cuenta con un sistema llamado fructosa fosfotransferasa identificado por Mitchell y col. (18) y Tapiainen y col. (19), quienes explican el efecto negativo sobre *S. pneumoniae*; los investigadores presumen que el sistema fructosa fosfotransferasa permite el ingreso del xilitol al citoplasma del microorganismo y que por ausencia de las enzimas necesarias para su metabolismo, éste se acumula hasta alcanzar niveles tóxicos.

Por otro lado Tapiainen (20), propone una segunda hipótesis de cómo el xilitol puede ocasionar daño en la pared celular de *S. pneumoniae*, volviéndola irregular y desapareciendo su estructura trilaminar, por cuanto mediante este sistema se ingresa xilitol al citoplasma y se envía constantemente al exterior, ocasionando con ello un gasto innecesario de energía

produciendo mediante este mecanismo un daño irreparable en la bacteria. Es por esta razón que se cree que el efecto inhibitorio producido por el xilitol sobre *Listeria monocytogenes* pudo haberse proporcionado por esta vía.

Un estudio precedente relacionó el efecto del xilitol en el crecimiento de *S. pneumoniae* en presencia de fructosa y sorbitol, en el cual la adición de 5% de xilitol a los medios de cultivos en estudio, resultó en una marcada inhibición del neumococo, efecto que fue totalmente eliminado en presencia de fructosa, pero permaneció en los casos en que se agregó xilitol más sorbitol y glucosa, demostrando de esta manera que la inhibición de *S. pneumoniae* está mediada por el sistema fructosa fosfotransferasa (21).

En la presente investigación se puede concluir, que se evidenció que la solución de 1% de xilitol logra una acción bacteriostática sobre *Listeria monocytogenes*, incrementándose el efecto conforme se aumenta la concentración de xilitol. No se observó secuela bactericida alguna con las concentraciones de xilitol empleadas. Por otro lado, al utilizar soluciones del 1% al 10% de xilitol, el tiempo mínimo de inhibición fue de 10 horas, mientras que con la solución de 20% el tiempo mínimo de inhibición fue de 7 horas. Se observó que el xilitol, tuvo un efecto bacteriostático estadísticamente significativo ($p < 0,01$). Se concluye que el xilitol tiene potencial para ser usado, en la industria alimenticia, como agente preservante de ciertos alimentos, dado que tiene la ventaja de no generar cambios sustanciales en las propiedades organolépticas de los alimentos, de esta forma su uso en el campo alimenticio podría ser prometedor.

REFERENCIAS

- Organización Mundial de la Salud WHO. 2007. Consultation to develop a strategy to estimate the global burden of foodborne diseases. World Health Organization, Geneva Switzerland. Available at: http://www.who.int/foodsafety/publications/food_bornedisease/burdensept06/en/index.html.
- Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman J L, et al. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 2008; 451(7181): 990-3.
- Olea A, Díaz J, Fuentes R, Vaquero A, García M. Vigilancia de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos en Chile *Rev Chilena Infectol* 2012; 29 (5): 504-510
- Benadof D. Microbiological portrait: *Listeria monocytogenes* *Rev Chilena Infectol* 2008; 25(6):486
- Salas, J. Listeriosis, una infección poco frecuente 2002. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2002/01/15/629.php>
- Rossi M, Paiva A, Tornese M, Chianelli S, Troncoso A. Brotes de infección por *Listeria monocytogenes*: Una revisión de las vías que llevan a su aparición. *Rev Chilena Infectol* 2008; 25 (5): 328-325.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]/ Organización Mundial para la Salud [OMS]. Situación actual del control de la inocuidad de alimentos en Venezuela: análisis de la situación 2005. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/010/af112s.pdf>.
- Olivares R. *Listeria monocytogenes*: an old bacteria, an ongoing challenge. *Medwave* 2009 Jun; 9(6):e3994 doi: 10.5867/medwave.2009.06.3994
- Larraín de la CD, Abarzúa CF, Jourdan HF, Merino OP, Belmar JC, García CP. Infecciones por *Listeria monocytogenes* en mujeres embarazadas: experiencia del Hospital Clínico de la Pontificia Universidad Católica de Chile. *Rev Chilena Infectol* 2008; 25(5):336-41.
- Jackson KA, Iwamoto M, Swerdlow D. Pregnancy-associated listeriosis *Epidemiol and Infect* 2010; 138(10):1503-9.
- Makinen KK. The Rocky Road of Xylitol to its Clinical Application *J Dental Res* 2000; 79 (6):1352-1355.
- Nápoles A, Diaz M, Acosta E, González M, Manganelly E. Tecnología del Proceso de Obtención de Licores de Xilosa a partir de Bagazo de Caña, para la Producción Biotecnológica de Xilitol. *Brazilian J Food Technol* 2005; 57-64.
- Zhan L, Cheng J, Chang P, Ngo M, Denbesten PK, Hoover CI, Featherstone JD. Effects of xylitol wipes on cariogenic bacteria and caries in young children. *J. Dent. Res.* 2012; 91(7 Suppl):85S-90S.
- Hayes C. The Effect of Non-Cariogenic Sweeteners on the Prevention of Dental Caries: A Review of the Evidence. *J Dent. Educ.* 2001; 65(10):1106-1109.
- Kontiokari, T, Uhari M, Koskela M. Antiadhesive effects of xylitol on otopathogenic bacteria. *J. Antimicrob. Chemother* 1998; 41 (5): 563-565
- Ramírez-Mérida LG, Morón de Salim A, Catinella R, Castillo L. Efecto bacteriostático y/o bactericida del extracto de gel de Aloe vera sobre cultivos de *Listeria monocytogenes*. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 2012; 62(1): 73-78
- Kurola P, Tapiainen T, Sevander J, Kaijalainen T, Leinonen M, Uhari M, Saukkoriipi A. Effect of xylitol and other carbon sources on *Streptococcus pneumoniae* biofilm formation and gene expression in vitro

- APMIS. 2011; 119(2):135-42.
18. Mitchell W, Reizer J, Herring C, Hoischen C, Saier M. Identification of a Phosphoenolpyruvate: Fructose Phosphotransferase System (Fructose-i-Phosphate Forming) in *Listeria monocytogenes*. *J. Bacteriol.* 1993; 175 (9): 2758-2761
 19. Tapiainen T, Sormunen R, Kaijalainen T, Kontiokari T, Ikaheimo I, Uhari M. Ultrastructure of *Streptococcus pneumoniae* after exposure to xylitol. *J. Antimicrob. Chemother* 2004; 54 (1):225-228
 20. Tapiainen T. Microbiological effects and clinical use of xylitol in preventing acute otitis media, 2002 Tesis Doctoral Disponible en: <http://herkules.oulu.fi/issn03553221/>
 21. Tapiainen T, Kontiokari T, Sammalkivi L, Ikaheimo I, Koskela M, UHARI M. Effect of Xylitol on Growth of *Streptococcus pneumoniae* in the Presence of Fructose and Sorbitol. *Antimicrob. Agents Chemother.* 2001; 45 (1): 166–169.

Recibido: 06-06-2013

Aceptado: 09-08-2013

Comparative efficiency of different methods of gluten extraction in indigenous varieties of wheat

Samra Imran, Zaib Hussain, Farkhanda Ghafoor, Saeed Ahmad Nagra, Naheeda Ashbeal Ziai

College of Home Economics, Lahore, Pakistan. Institute of Chemistry, University of the Punjab, Lahore, Pakistan. PMRC, Sheikh Zaid Hospital, Lahore, Pakistan. Supreme Flour Mills, Lahore. Pakistan.

SUMMARY. The present study investigated six varieties of locally grown wheat (Lasani, Sehar, Miraj-08, Chakwal-50, Faisalabad-08 and Inqlab) procured from Punjab Seed Corporation, Lahore, Pakistan for their proximate contents. On the basis of protein content and ready availability, Faisalabad-08 (FD-08) was selected to be used for the assessment of comparative efficiency of various methods used for gluten extraction. Three methods, mechanical, chemical and microbiological were used for the extraction of gluten from FD-08. Each method was carried out under ambient conditions using a drying temperature of 55°C. Mechanical method utilized four different processes viz:- dough process, dough batter process, batter process and ethanol washing process using standard 150 mesh. The starch thus obtained was analyzed for its proximate contents. Dough batter process proved to be the most efficient mechanical method and was further investigated using 200 and 300 mesh. Gluten content was determined using sandwich ω -gliadin enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The results of dough batter process using 200 mesh indicated a starch product with gluten content of 678 ppm. Chemical method indicated high gluten content of more than 5000 ppm and the microbiological method reduced the gluten content from 2500 ppm to 398 ppm. From the results it was observed that no gluten extraction method is viable to produce starch which can fulfill the criteria of a gluten free product (20ppm).

Key words: Wheat, gluten, extraction, starch, protein

RESUMEN. Eficacia comparativa de diferentes métodos de extracción de gluten en variedades autóctonas de trigo.

El presente estudio investigó seis variedades de trigo cultivado localmente (Lasani, Sehar, Miraj-08, Chakwal-50, Faisalabad-08 e Inqlab) obtenidos por sus contenidos proximales en Punjab Seed Corporation, Lahore, Pakistán. Sobre la base del contenido de proteína y su fácil disponibilidad, Faisalabad-08 (Fd-08) fue seleccionado para ser utilizado para la evaluación de la eficacia comparativa de los diferentes métodos utilizados para la extracción de gluten. Tres métodos fueron utilizados para la extracción de gluten; mecánico, químico y microbiológico realizados en condiciones ambientales utilizando una temperatura de secado de 55°C. El método mecánico utilizó cuatro procesos diferentes, a saber: proceso de masa, proceso de rebozado de masa, proceso de pasta y proceso de lavado en etanol empleando malla estándar de 150 mesh. El almidón obtenido se analizó por sus contenidos proximales. El contenido de gluten se determinó usando ensayo de inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA). El proceso de rebozado de masa fue el método más eficiente y se investigó adicionalmente usando malla 200 y 300 mesh. El proceso de rebozado de masa usando malla 200 generó un almidón con contenido de gluten de 678 ppm. El método químico produjo un contenido de gluten de más de 5.000 ppm, y el método microbiológico redujo el contenido de gluten de 2500 ppm a 398 ppm. A partir de estos resultados se observó que ningún método de extracción de gluten es viable para producir almidón que pueda cumplir los criterios de un producto libre de gluten (20 ppm).

Palabras clave: Trigo, gluten, extracción, almidón, proteínas

INTRODUCTION

For many centuries wheat has been used as an energetic crop for culinary purposes. It is one of the main sources of food for most of the human population, contributing more than 60% of their total caloric and protein requirements. It ranks highest in terms of area and production

amongst all grain crops worldwide and the forecast of world wheat consumption is 695 million tons. Wheat is one of the major components of the Pakistani diet where its consumption is recorded as 23.2 million tons in 2012 (1).

Researchers have been interested in determining the amount of protein in wheat and consider it to be a parameter for determining cereal quality, especially for ma-

king chapatti and baked stuff. The protein content of Pakistani wheat varieties ranges between 9.15% - 14.10%, with wet and dry gluten contents of 26.40 - 38.41% and 8.40 - 13.11%, respectively (2).

Individuals suffering from celiac disease however, cannot tolerate wheat protein (gluten) and therefore, an alternative source of diet needs to be sought. Gluten free wheat starch along with gluten free grains can be used as an ingredient in the diet of celiac patients. In Europe, wheat starch is being used as an ingredient in gluten free products. These products, in spite of being expensive, are reported to be more palatable (3). However, this substitute has not received much attention in Pakistan.

Celiac disease is an autoimmune disease as it is triggered by an identified environmental factor (gluten), which involves human leukocyte antigen (HLA) (DQ2 or DQ8), non-HLA genes and auto antibodies against transglutaminase in 95% of the patients (4). It is now recognized as a common condition which can be diagnosed at any age and is known to affect many organ systems. The classic presentation includes failure to thrive, overt malnutrition, diarrhea, steatorrhea, abdominal pain, distension and small intestinal mucosal injury (5). Occasionally dental anomalies, short stature, lactose intolerance, infertility and nonspecific abdominal pain are the sole manifestations of celiac disease (6).

At present there are no vital statistics available for the prevalence of celiac disease in Pakistan however, the number of patients attending the out door patients clinics is rapidly increasing. For these patients lifelong adherence to a gluten free diet is the only remedy. In the treatment of celiac disease the level of gluten intake is recommended to be < 50 mg/day (7). It is recommended that food products containing less than 20ppm of gluten should be labeled as gluten free and those containing 20-100 ppm, as very low gluten (8).

Various mechanical, chemical and microbiological methods have been reported in the literature for separating gluten from wheat flour (9-10). Although large scale industrial separation of wheat starch from gluten is being carried out worldwide, this methodology has never been established in a country such as Pakistan whose staple food is wheat. The focus of the present study was to compare the efficiency of various methods for gluten extraction from wheat.

MATERIALS AND METHODS

Procurement of Wheat Samples

The following six varieties of wheat, Lasani, Sehar, Miraj-08, Chakwal-50, Faisalabad-08 and Inqilab which are commonly grown in Pakistan, were used in the study. These wheat varieties were procured from Punjab Seed Corporation, Pakistan and were supplied in sealed plastic bags. Samples were then transferred and stored in air tight jars to prevent cross contamination.

Selection of Wheat Variety:

After proximate analysis and gluten estimation of all six varieties of wheat it was found that Faisalabad-08 (Fd-08) variety of wheat was the optimum wheat variety to be used for the assessment of comparative efficiency of various methods of gluten extraction. This variety was abundantly available, had a low protein content, good gluten index and gluten percentage as compared to the other varieties.

Chemical Analysis

Proximate analysis:

For each variety of wheat and starch sample obtained from different methods after gluten extraction, standardized Association of Official Analytical Chemists (AOAC) methods were used to determine moisture, ash, crude protein, fat, crude fiber and nitrogen free extract (NFE) proximate analysis parameters (11). This analysis was a good aid in selecting the most appropriate variety of wheat to be used subsequently for the comparative efficiency of different methods for the extraction of gluten, and to compare the nutritional composition of starch produced by the various extraction methods.

Gluten estimation:

Wet and dry gluten estimation and Gluten Index determination was carried out using a Perten Glutomatic System, based on International Code Council (ICC) Standard No. 155, No 158 and American Association for Cereal Chemist (AACC) method 38-12 (Operational Manual Glutomatic System). This method uses a glutomatic gluten washer with a sieve size of 170 mesh (88 microns) and a gluten centrifuge which provides information on the quantity and quality of gluten obtained. A glutork dryer was used to estimate the dry gluten content.

10g of wheat flour was transferred into the wash

chamber and shaken to obtain a homogenous flour layer. 4.8 ml of 2% sodium chloride was added from the dispenser into the chamber at a slight tilt. The chamber was then agitated to spread the water evenly over the flour. The remaining mixing and washing sequence was accomplished automatically within the washer. Liquid containing starch was collected in a beaker placed below the washer and the gluten mass remained on the sieve. The gluten mass was centrifuged in a special sieve cassette in order to force the wet gluten to pass through the sieve. The centrifuge allowed for the collection of both parts of the gluten remaining on the sieve and that which passed through the sieve.

Wet Gluten:

The total weight of the gluten was recorded and expressed as a percentage of the mass of the original sample. The following formula was used for the calculation:

Wet Gluten Content (%) = (Total gluten/ Weight of wheat flour sample) x 100

Gluten Index:

In order to calculate the gluten index, the amount of wet gluten on the sieve was taken as a percentage of the total amount of wet gluten obtained using the following formula:

Gluten Index (%) = (Gluten left on sieve /total gluten) x 100

Dry Gluten:

To estimate the dry gluten content, glutork drying apparatus operated simultaneously with the glutomatic gluten washer. This allowed for the Glutork apparatus to warm up during the Glutomatic wash cycle. The operating temperature was maintained at 150° C. Wet gluten was placed in the centre of the bottom plate of Glutork and the drying cycle was completed within 4 minutes. The dry gluten content was calculated as follows:

Dry Gluten (%) = (Dry gluten / Weight of wheat sample) x 100

Gluten Extraction

1.Mechanical Methods

The present study investigated four different types of mechanical methods and prior to these methods of gluten extraction, the whole wheat flour was initially sieved through a 60 mesh sieve.

1.1 Dough Process.

100 g wheat flour was combined with 68 ml of water in a porcelain cup to make stiff dough, ensuring

no material adhered to the porcelain cup. The dough was then left to stand in water at room temperature at 1 hour. While holding the dough under a gentle stream of tap water, it was softly kneaded so that any starch and soluble matter available in the dough could filter through a bolting cloth. Any gluten which may be removed during this process could be collected on the bolting cloth and recombined into the dough (12).

1.2 Dough-batter Process

A stiff dough was made as detailed in the dough process. The dough was allowed to rest for 1 hour. Additional water was added to make slurry, which was then sieved using a 150 mesh sieve (12).

1.3 Batter Process

In this process wheat flour slurry was made by combining 100 g wheat flour with 100 ml of water. The slurry was subjected to trough washing using a 150 mesh sieve (12).

1.4 Ethanol Washing Method

65ml of chilled water was added to 100 g wheat flour to make stiff dough. After incubating the dough at 0°C for 1 hour, it was washed with 200 ml chilled ethanol at -6°C for 10 minutes with a 150 mesh sieve.

Gluten obtained from all methods was further washed to remove any excess fiber. It was then dried in the glutomatic drier and weighed as dry gluten. The recovered starch obtained in all four processes was decanted and dried in an oven (Mettler NH 400) at 55° C for further analysis. All samples were covered during decantation to avoid contamination with the environmentally exposed gluten (13).

The dough-batter method proved to be the best since a high starch content and efficient gluten recovery was achieved (Table 5). The starch content obtained through this method had a low protein concentration and so this method was utilized for further experiments with 200 and 300 mesh size sieves. Since the protein content was lowest using a 200 mesh sieve it was preferred to use this mesh size in the chemical and microbiological methods.

2. Chemical Method

100 g of wheat flour was taken and 975 ml of water was added to make a slurry. The pH was maintained at 10.5 for 1 hour with 25 ml of 1N NaOH. The pH was then neutralized with 50 ml of 0.5 N acetic acid and the slurry was then washed with 70% alcohol. Excessive repeated washings were then carried out

with tap water and the starch slurry was sieved through a 200 mesh sieve. The collected starch was decanted and dried in an oven at 55°C.

3. Microbiological Method.

This method was adopted to investigate the effect of sourdough bacteria on gluten. A mixture of sourdough bacteria and yeast cultures (Table 1) were purchased from ICI, Searle and Hilton. Different probiotics were used to reduce the gluten content of wheat starch obtained by dough batter method using a 200 mesh sieve. The gluten content (in ppm) of starches after incubating with different concentrations of microorganism at varying time intervals has been summarized in Table 7. For each experiment 100g of wheat flour was taken to form starch slurry using the dough-batter method. The average starch yield was calculated to be 60% indicating each starch slurry contains an average of 60 g starch. The starch slurry remained uncovered during decanting to allow for possible environmental contamination for the potential action of the probiotics strains. Three arbitrary concentrations of probiotic strains, as mentioned in Table 1, were incubated for 2, 4, and 6 hours at 30°C to allow for proteolytic action of probiotics, after which the samples were dried at 55°C. The samples were then

subjected to analysis through Sandwich ω -gliadin ELISA for the presence of gluten content.

Gluten Estimation using ELISA

Gluten estimation was carried out by Sandwich ω -gliadin ELISA using Imutest Gluten Detection kit obtained from Imutest, Diagnostic Innovation Limited, UK. The principal of this technique is based on the method developed by Skerrit and Hill (14).

Samples obtained through dough batter method using 200 and 300 mesh sieves, chemical method and microbiological method were further analyzed for their gluten content. Extraction solution was made using ethanol, fish skin gelatin and polyvinyl-pyrrolidone. The extraction involved periodic shaking, for 45 minutes at 55°C, followed by centrifugation. The extract was diluted at 1: 300 and gluten estimation was performed following the manufacturer's instructions strictly. Six samples were repeated as recommended by the kit manufacturer to ensure the authenticity of the results and experiments.

Statistical Analysis

Descriptive statistics were calculated for all the parameters studied. One-way analysis of variance and multiple comparisons of means were made by Least Significant Difference (LSD) test using SPSS version 15.

TABLE 1. Type and amount of probiotic strains

| Source of Probiotics | Type of Microorganism | Sample | Concentration of Microorganisms x10 ⁹ (CFU) |
|----------------------|---|--------|--|
| Amybact ICI | 90% Bifido bacterium and 10% <i>Lactobacillus paracasei</i> , <i>Lactobacillus casei</i> and <i>Streptococcus thermophilus</i> . | A | 3 |
| | | B | 6 |
| | | C | 9 |
| Ecotec Searle | <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Bifido bacterium</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> and <i>Lactobacillus bulgaricus</i> | A | 3 |
| | | B | 6 |
| | | C | 9 |
| Enflor Hilton | <i>lyophilized Saccaromyces boulardii</i> | A | 1.7 |
| | | B | 3.4 |
| | | C | 5 |

TABLE 2. Proximate analysis of indigenous wheat varieties (g/100g)

| Wheat Varieties | Moisture | Ash | Fat | Protein | Crude Fiber | Carbohydrate |
|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Inqalab | 8.67±0.13 ^a | 1.51±0.16 ^a | 1.59±0.14 ^a | 12.85±0.69 ^a | 1.85±0.14 ^{ab} | 73.11±1.08 ^a |
| Sehar | 8.67±0.08 ^a | 1.76±0.56 ^b | 1.53±0.10 ^a | 12.74±0.60 ^a | 1.28±0.63 ^a | 74.06±0.62 ^a |
| Miraj-08 | 9.73±0.13 ^b | 1.60±0.15 ^{ab} | 2.24±0.28 ^b | 12.78±0.49 ^a | 1.25±0.49 ^a | 72.30±1.00 ^a |
| Chakwal 50 | 8.65±0.02 ^a | 1.75±0.44 ^b | 2.06±0.11 ^b | 12.80±0.46 ^a | 1.14±0.14 ^a | 73.37±0.01 ^a |
| FD-08 | 9.1±0.09 ^c | 1.51±0.29 ^a | 2.08±0.19 ^b | 11.56±0.50 ^b | 2.22±0.22 ^b | 73.44±0.47 ^a |
| Lasani | 8.86±0.02 ^d | 1.64±0.10 ^{ab} | 2.24±0.21 ^b | 11.97±0.73 ^{ab} | 1.50±0.50 ^{ab} | 73.37±0.98 ^a |

Mean ± SD values followed by different letter in a column are significantly different at p < 0.05

TABLE 3. Gluten Index (g/100g)

| Wheat varieties* | Wet gluten | Dry Gluten | Gluten Index |
|------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Inqalab | 32.00±1.73 ^a | 10.53±0.15 ^a | 94.45±0.78 ^{ab} |
| Sahar | 22.90±2.33 ^{bc} | 8.13±0.55 ^{bc} | 92.80±0.29 ^b |
| Miraj-08 | 33.07±0.91 ^a | 11.23±0.55 ^a | 72.00±1.41 ^c |
| Chakwal-50 | 19.40±0.60 ^d | 7.01±0.28 ^d | 98.00±0.99 ^d |
| Fd-08 | 24.40±2.20 ^b | 8.67±0.50 ^b | 95.60±0.85 ^a |
| Lasani | 21.00±1.73 ^{cd} | 7.43±0.31 ^{cd} | 96.35±0.91 ^{a^d} |

*Whole wheat flour

Mean ± SD values followed by different letter in a column are significantly different at $p < 0.05$

TABLE 4. Proximate analysis of wheat starch after gluten extraction from Fd-08 variety (g/100g)

| Methods | Sieve (mesh) | Moisture | Ash | Fat | Protein | Crude Fiber | Carbohydrate |
|-----------------|---------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Dough-washing | bolting-cloth | 2.60±0.14 ^a | 1.76±0.08 ^a | 0.89±0.01 ^{ad} | 5.48±0.71 ^{ac} | 0.93±0.04 ^a | 88.36±0.53 ^{ab} |
| Dough-Batter | 150 | 3.50±0.42 ^{ab} | 0.79±0.01 ^b | 0.72±0.03 ^{abd} | 5.00±0.00 ^{ac} | 0.60±0.21 ^{ab} | 88.90±0.91 ^a |
| Dough-Batter | 200 | 3.25±0.35 ^{ab} | 0.68±0.1 ^b | 0.40±0.28 ^{bc} | 2.99±0.00 ^b | 0.28±0.11 ^b | 92.41±0.07 ^c |
| Dough-Batter | 300 | 3.27±0.18 ^{ab} | 0.72±0.02 ^b | 0.33±0.03 ^{cc} | 4.49±.70 ^c | 0.38±0.04 ^b | 90.82±0.43 ^d |
| Batter | 150 | 3.95±0.21 ^b | 1.19±0.07 ^c | 1.14±0.21 ^d | 8.48±.70 ^e | 0.61±0.35 ^{ab} | 84.64±0.00 ^e |
| Ethanol Washing | 150 | 2.99±0.72 ^{ab} | 0.81±0.02 ^b | 0.79±0.10 ^d | 7.98±0.00 ^e | 0.65±0.07 ^{ab} | 86.78±0.91 ^f |
| Chemical | 200 | 3.07±0.81 ^{ab} | 0.83±0.16 ^b | 0.27±0.18 ^c | 7.98±0.00 ^e | 0.88±0.35 ^a | 86.96±0.75 ^{bf} |

Mean±SD values followed by different letter in a column are significantly different at $p < 0.05$

RESULTS

The proximate analyses (Table 2) and gluten Index (Table 3) were calculated for all six indigenous wheat varieties in order to select the most suitable variety for studying the gluten extraction efficiency by various methods. Wet gluten, dry gluten and gluten index ranged from 19.40 – 33.07, 7.01 – 11.23 and 72 -98 %, respectively (Table 3). The proximate analyses of wheat starch after gluten extraction from Fd-08 variety have been summarized in Table 4.

Data in Table 5 demonstrated that maximum starch was recovered in the dough batter and batter process. There was no gluten recovery in the chemical method. Starch obtained through the dough–batter method (using 200 and 300 mesh) and chemical methods (Table 5) was analyzed for their gluten content using ELISA (Table 6). Gluten content of the chemically treated wheat starch was found to be more than 5000 ppm (Table 6).

DISCUSSION

The proximate composition of various varieties of

wheat (Table 2) is in line with the data already reported (15). FD-08 was selected because of its high gluten strength as previous studies have shown that cultivars with a high degree of gluten aggregation results in high gluten yield and starch which is less contaminated with gluten (12). Moreover the abundant availability of this variety made it a suitable choice to use FD-08 for the assessment of gluten extraction efficiency by various methods.

The whole wheat flour (FD-08) was sieved to remove bran using a 60 mesh sieve. This resulted in a slight increase in protein (13.5 ± 0.71) and dry gluten percentage (9 ± 0.5). The percentage values of protein and dry gluten recovered were therefore slightly higher in the sieved flour as compared to non-sieved flour (Table 4-5).

Table 4 revealed that starch obtained through the dough washing method had significantly ($p < 0.05$) higher content of ash. Fiber content was also high but the difference as compared with other methods, was not statistically significant. The highest value for fat and protein were noted in the case of the batter process. The difference, however, was not statistically significant. Since the recovery of protein was signifi-

TABLE 5: Starch and gluten recovery in Fd-08 using different methods of gluten extraction (g/100g)

| Methods | Sieve | Starch Recovered | Gluten Recovered |
|-----------------|---------------|--------------------------|------------------------|
| Dough-washing | bolting cloth | 57.58±3.64 ^a | 8.18±0.46 ^a |
| Dough-batter | 150 | 68.00±4.24 ^b | 8.75±0.35 ^a |
| Dough-batter | 200 | 62.00±2.82 ^{ab} | 8.85±0.07 ^a |
| Dough-batter | 300 | 61.00±7.07 ^{ab} | 8.25±0.35 ^a |
| Batter | 150 | 66.00±4.24 ^b | 7.25±0.35 ^b |
| Ethanol Washing | 150 | 64.50±3.53 ^{ab} | 8.40±0.57 ^a |
| Chemical | 200 | 57.00±2.82 ^a | 0.00±0.00 ^c |

Mean±SD values followed by different letter in a column are significantly different at $p < 0.05$

TABLE 6: Gluten content in starches obtained through Dough-Batter and chemical methods

| Gluten(ppm) | Method of Extraction |
|-----------------------|----------------------|
| | Dough batter |
| 678 ±16 ^a | 200 mesh |
| 1470±42 ^b | 300 mesh |
| 5277±110 ^c | Chemical Method |

Mean±SD values followed by different letter in a column are significantly different at $p < 0.05$

TABLE 7. Gluten content (ppm) in starch slurry after incubating with different concentrations of microorganism at different time intervals

| Sample | A | | | B | | | C | | |
|---|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | Amybact | Ecotec | Enflor | Amybact | Ecotec | Enflor | Amybact | Ecotec | Enflor |
| Probiotics Source | | | | | | | | | |
| Concentration of Micro organisms x10 ⁹ (CFU) | 3 | 3 | 1.7 | 6 | 6 | 3.4 | 9 | 9 | 5 |
| 2 hours incubation | 5400 | 4800 | 2800 | 5000 | 5600 | 2600 | 5000 | 4450 | 2750 |
| 4 hours incubation | 4900 | 6750 | 2850 | 5300 | 4000 | 4700 | 4900 | 1700 | 4400 |
| 6 hours incubation | 4900 | 1554 | 2700 | 2800 | 398 | 4600 | 3400 | 953 | 3850 |

cantly lower ($p < 0.05$) in the dough-batter process than batter and ethanol washing methods, this method was repeated using 200 and 300 mesh sieves, in an attempt to further reduce the protein content in the starch thus obtained. It was observed that by using 200 mesh sieves for straining, minimum level of protein in starch could be attained. However, when starch was strained using a 300 mesh sieve the protein level was significantly ($p < 0.05$) increased.

Van Der Borgh et al (12), reported starch yield of 69 – 79% in the dough batter process and 68 – 77% in batter process. The starch yield in the present study was comparable to these findings. Maximum gluten was recovered in the dough batter process (98% of the total gluten). The difference with other methods, except for the batter method, was not significant. Gluten recovery in these methods was also consistent with previous results (12). They demonstrated that more gluten was recovered in the dough batter and dough washing as compared to the batter method. Gluten recovered in the ethanol washing method was weak and thus obtained in the form of small fragments. These findings are in line with those reported by Robertson

and Cao (13). The probable explanation of weak gluten may be attributed to lowered stickiness due to the incorporation of ethanol.

ELISA results (Table 6) revealed that there was minimum level of gluten in dough batter process using 200 mesh sieve. It was noted that there was no significant reduction in the gluten content even after triplicate straining of the starch. An attempt was made to denature the gluten using alkali (NaOH) and acid (CH₃COOH). Studies have reported that pH alteration could result in changes in gluten structure (16). Merrill and Hunter (17) documented that toxic gluten fragments could be removed through acidification. It has further been postulated that alkaline conditions bring changes in the chemical structure of gluten possibly via deamidation (18). Gluten content of the chemically treated wheat starch was found to be more than 5000 ppm.

Environmental contamination with gluten was allowed to examine whether probiotics could be used to remove traces of contaminating and residual gluten from the wheat starch. This was done by performing the experiment under non strict controlled conditions,

i.e. samples remained uncovered during decanting, which raised the gluten levels from 678 ± 16 ppm to 2500 ± 250 ppm. This also confirmed that even slight contamination of gluten from the atmosphere can elevate its levels. It may be postulated that wheat starch obtained through mechanical method alone has an ample probability of being contaminated.

After 2 hours incubation with Amybact all samples gave higher gluten values than the base line. These values were then reduced after 6 hours incubation for samples B and C. It was observed that the combination of probiotics (Ecotec) in sample B showed a similar elevation in gluten level after 2 hour incubation but the levels dropped after 4 and 6 hours incubation from more than 5000 ppm to less than 500 ppm.

The addition of *Lactobacillus acidophilus* in the second combination of microorganisms contributed towards a difference in the Ecotec sample. With the addition of third probiotic (Enflor) there was no significant difference in gluten levels for sample A, however in sample B and C gluten levels were elevated and 6 hour incubation with sample C reduced the gluten level slightly. It may be concluded that an increased concentration of this microorganism and a longer incubation time is required for gluten reduction.

The amount of initial peptides at the start of hydrolysis seem to be over estimated by the ELISA as reported in a study by Thompson and Méndez (19). This may be due to cross reactivity of various epitopes in the early hours of the hydrolytic reaction. However, as hydrolysis proceeded, a reduction in gluten level was observed. It was further suggested (19) that R5 competitive ELISA could be considered a better option for measuring hydrolyzed gluten but was considered unsuitable for measuring heated gluten. Since all samples in the present study were heated for drying, it was suggested that ω -gliadin sandwich ELISA was the best analysis method for gluten detection. The findings of the present study were consistent with previous studies which had reported hydrolysis of gluten by the action of sourdough bacterial and fungal proteases (10, 20).

Angelis et al (10) had reported hydrolysis of gluten by selected sourdough lactobacilli, in combination with fungal proteases after an incubation of 72 hours at 37°C . Di Cagno et al (20) had also reported increased levels of free amino acids in sourdoughs showing that hydrolysis of gluten takes place by the proteolytic action of sourdough bacteria. Removal of contamina-

ting gluten from gluten free flours was also attempted by Di Cagno et al (21). They found that when 400 ppm gluten was added in gluten free flours as contaminating gluten, it was degraded to below 20 ppm in the sourdough gluten free bread fermented with selected strains of *Lactobacillus* for 18 hours.

Lindfors et al (22) had also demonstrated that live lactobacilli bacteria could offset the harmful effects exerted by celiac-toxic gliadin. It has been reported that certain lactobacilli in a sourdough culture acting on wheat flour for a 24-hour period achieved nearly complete digestion of the peptides (23). Bread made in the reported study was well tolerated by recovered celiac patients in a two day trial. In the present study, wheat starch containing traces of gluten was taken as an initial substrate so that a decreased concentration of the microorganisms and shorter incubation period was required. A combination of *Lactobacillus acidophilus*, *Bifido bacterium*, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* was found to be most effective in reducing gluten content of wheat starch.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In lieu of the foregoing research it may be concluded that in mechanical methods, the dough-batter method using a 200 mesh sieve was the most efficient in terms of starch production with decreased gluten content. However, it cannot be labeled as 'gluten free' as the gluten content was greater than 20 ppm. Secondly, chances of contamination while producing wheat starch were found to be immense. A combination of mechanical and microbial methods is promising. A longer fermentation time could be studied with the second combination of probiotics to achieve more favorable results.

REFERENCES

1. FAO Cereal Supply and Demand Brief. World food situation [on line] 2013. [Cited 2013 May 24]. Available from: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/en/>
2. Randhawa MA, Anjum FM, Butt MS. Physico-chemical and milling properties of new spring wheats grown in Punjab and Sind for the production of pizza. *Int. J. Agri. Biol* 2002, 4(4): 482–484
3. Donner E. Does Wheat starch have gluten? Internet

- health library [on line] 2011. [Cited 2013 May 24]. Available from: www.internethealthlibrary.com
4. Barker JM, Liu E. Celiac Disease: Pathophysiology, clinical manifestations and associated autoimmune conditions. *Adv Pediatr* 2008, 55: 349–365.
 5. Green PHR, Cellier C. Celiac disease. *N Engl J Med* 2007, 357: 1731-1743.
 6. Murray JA. The widening spectrum of celiac disease. *Am. J. Clin. Nutr* 1999, 69(3): 354-365.
 7. Catassi C, Fabiani E, Iacono G, D'Agate, C, Francavilla R, Biagi F, et al. A prospective, double-blind, placebo-controlled trial to establish a safe gluten threshold for patients with celiac disease. *Am. J. Clin. Nutr* 2007, 85(1): 160-166.
 8. Adams S. Research Study on the Establishment of a Safe Gluten Threshold for Celiac Disease Patients [on line]. *Celiac.com* 2007. [Cited 2010 August 6]. Available from: <http://www.celiac.com/articles/1095/1/Research-Study-on-the-Establishment-of-a-Safe-Gluten-Threshold-for-Celiac-Disease-Patients/Page1.html>
 9. Alanen MA, Kerkkonen HK, Laine KMJ, Renner HV. Method of separating gluten from wheat flour. *Tech. II* 1976, 23:162. United States Patent 3651768.
 10. Angelis M, Cassone A, Rizzello CG, Gagliardi F, Minervini F, Calasso M, et al. Mechanism of degradation of immunogenic gluten epitopes from *Triticum turgidum* L. var. durum by sourdough lactobacilli and fungal proteases. *Appl. Environ. Microbiol* 2010, 76(2): 508-518.
 11. AOAC. 17th ed. Official Methods of Analysis (OMA) of Association of Official Analytical Chemists, 2005, USA, Virginia: Arlington.
 12. Van Der Borght A, Goesart H, Veraverbek WS, Delcour JA. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: over view of the main processes and the factors involved. *J Cereal Sci* 2005, 41: 221-237: Elsevier Ltd.
 13. Robertson GH, Cao T. Substitution of concentrated ethanol for water in laboratory washing fractionation of protein and starch from hydrated wheat flour. *Cereal Chem.* 1998,75(4): 508-513
 14. Skerritt JH, Hill AS. Enzyme immunoassay for determination of gluten in foods: collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem* 1991, 74(2), 257-64.
 15. Hussain M, Hussain G, Akhtar HL, Tariq AH, Rafiq M, Aslam MZ, et al. New wheat variety "Fareed-06" for irrigated areas of Punjab, Pakistan. *Pak. J. Bot* 2010, 42(5): 3285-3297
 16. Bae AH, Cho DW, Hurh BS, Kim DE, Kim JH, Lee DH, et al. Method for producing corn gluten hydrolysate and corn gluten hydrolysate using the same EP 2288716 A2 2011, Sempio Foods Company [on line]. [Cited 2013 June 5]. Available from: <http://www.google.com/patents/EP2288716A2?cl=en>
 17. Merrill DA, Hunter E A. Method for producing a gluten-free peptide preparation and preparation thus obtained. 2004, US Patent 6692933 B2.
 18. Zhang X, Hoobin P, Burgar I, Do MD. pH effect on the mechanical performance and phase mobility of thermally processed wheat gluten-based natural polymer materials. *Biomacromolecules* 2006, 7(12):3466-73.
 19. Thompson T, Méndez E. Commercial assays to assess gluten content of gluten-free foods: why they are not created equal. *J Am Diet Assoc* 2008, 108(10): 1682-1687.
 20. Di Cagno R, De Angelis M, Lavermicocca, P, De Vincenzi M, Giovannini C, Faccia M, Gobbetti M. Proteolysis by sourdough lactic acid bacteria: effects on wheat flour protein fractions and gliadin peptides involved in human cereal intolerance. *Appl. Environ. Microbiol* 2002, 68:623-633.
 21. Di Cagno R, Rizzello CG, De Angelis M, Cassone A, Giuliani G, Benedusi A, et al. Use of selected sourdough strains of *Lactobacillus* for removing gluten and enhancing the nutritional properties of gluten-free bread. *J Food Prot.* 2008, 71(7):1491-5.
 22. Lindfors K, Blomqvist T, Juuti-Uusitalo K, Stenman S, Venäläinen J, Mäki M, et al. Live probiotic *Bifidobacterium lactis* bacteria inhibit the toxic effects induced by wheat gliadin in epithelial cell culture. *Clin Exp Immunol* 2008, 152(3): 552–558.
 23. Czapp K. Against the grain: The Case for Rejecting or Respecting the Staff of Life. The Weston A. Price Foundation for Wise Traditions in food, farming and the healing arts 2006. Cited 2010 July 21, Available from: <http://www.westonaprice.org/modern-diseases/digestive-disorders/621-against-the-grain.html>

Recibido 07-07-2013

Aceptado: 28-08-2013

Fe de erratas

Los autores del trabajo publicado en el Volumen 63, Número 1, marzo 2013, pags 21-28 **“Impacto de los factores de riesgo en osteoporosis sobre la densidad mineral ósea en mujeres perimenopáusicas de la Ciudad de Querétaro, México”** deben figurar como sigue:

María de los Angeles Aguilera-Barreiro (1,2), José Alberto Rivera-Márquez (3), Héctor Miguel Trujillo-Arriaga (4), Juan Manuel Ruiz-Acosta (5), Mario Enrique Rodríguez-García(6).

- (1) Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.
- (2) Facultad de Ciencias Naturales, Licenciatura de Nutrición, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
- (3) Departamento de Atención a la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, D.F.
- (4) Departamento de Ingeniería Eléctrica, Área de Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México, D.F.
- (5) Laboratorio Biomédico de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México.
- (6) Departamento de Nanotecnología, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro, México.

Responsable de la correspondencia: María de los Angeles Aguilera Barreiro
Facultad de Ciencias Naturales, Licenciatura de Nutrición,
Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias s/n Juriquilla, 76230,
Querétaro, Qro, México.
e-mail: angie_barreiro@hotmail.com Telef. (442) 1521737, (442) 1921200 ext. 5308

En el trabajo **“Antioxidant capacity, phenolic acids and caffeine content of some commercial coffees available on the Romanian market”**, de los autores Ion Trandafir, Violeta Nour y Mira Elena Ionica, publicado en el Volumen 63, Número 1, marzo 2013, en la pag. 92, la Figura 2 debe aparecer como sigue:

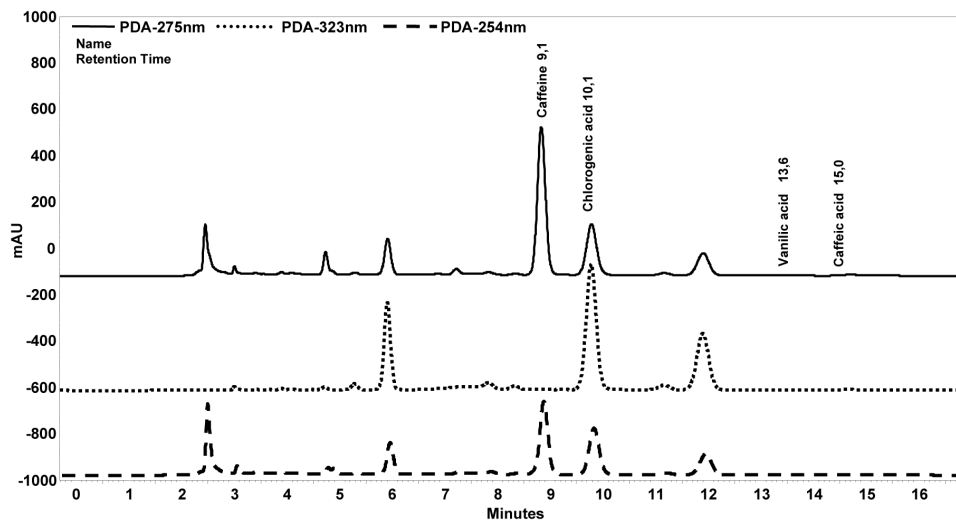


FIGURA 2. Cromatograms of coffee C simple at 254 nm, 275 nm and 323 nm.

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 \$ 20 por concepto de página publicada, suma que deberá ser agenciada por los autores a través de sus subvenciones de investigación o ante las instituciones donde prestan sus servicios. Se hace notar sin embargo, que este costo por página no condicionará de manera alguna la aceptación y publicación del trabajo, lo cual estará dado por los méritos del mismo.

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

