

# La caña de azúcar como alimento funcional

Román Jiménez<sup>1</sup>, Nicolás González<sup>1</sup>, Malaquías Hernández<sup>1</sup>, Nadia Ojeda<sup>2</sup>

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos<sup>1</sup>, División Académica de Ciencias Agropecuarias<sup>2</sup>

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Tenosique, México<sup>1</sup>, Cunduacán, México<sup>2</sup>

[roman.jimenez, nicolas.gonzalez, malaquias.hernandez, nadia.ojeda]@ujat.mx

**Abstract**— Sugar cane cultivation is traditionally used as a source for sucrose. Recent research shows properties of sugarcane that affect the health of consumers. The aim of this review is to present some functional properties of sugar cane, their products and derivatives. Metabolites with functional activity in bagasse, juice and leaves were found. Sugar cane is a good source of antioxidants, fiber, vitamins and minerals; has a prophylactic effect against bacteria and viruses, protective effect against caries and is an excellent sports drink. It is important to generate research that contributes to identify new compounds in sugarcane with functional activity.

**Keyword**— *phytochemical, sugarcane, bagasse, juice, jaggery.*

**Resumen**— La caña de azúcar es un cultivo tradicionalmente empleado como fuente de sacarosa. Investigaciones recientes muestran propiedades de la caña de azúcar que inciden en la salud de los consumidores. El objetivo de esta revisión es exponer algunas propiedades funcionales de la caña de azúcar, de sus productos y derivados. Se encontraron metabolitos con actividad funcional en el bagazo, jugo y hojas. La caña de azúcar es una buena fuente de antioxidantes, fibra dietética, vitaminas y minerales; posee efecto profiláctico contra bacterias y virus, efecto protector contra la caries y es una excelente bebida deportiva. Es importante generar investigación que contribuya a identificar nuevos compuestos en la caña de azúcar con actividad funcional.

**Palabras claves**— *fitoquímico, caña de azúcar, bagazo, jugo, panela.*

## I. INTRODUCCIÓN

Un alimento funcional puede ser un alimento natural o uno que ha sido modificado para tener una influencia funcional sobre la salud y el bienestar del consumidor a través de la adición, eliminación o modificación de componentes específicos (Ozen, 2012). Debido a la importancia que han adquirido los alimentos en la salud, se ha incrementado la producción y consumo de alimentos con propiedades funcionales. La evaluación de alimentos naturales como fuente de fitoquímicos es una tendencia que va en aumento: en el fruto del tomate se han identificado componentes funcionales como licopeno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos totales, cuyo consumo está relacionado con su potencial antimutagénico y propiedades anticancerígenas (Cruz *et al.*, 2013; Luna-Guevara y Delgado-Alvarado, 2014); las frutas rojas como bayas y uvas rojas son la fuente principal de antocianinas, con propiedades antidiabéticas tales como control de lípidos, secreción de insulina y efectos vasoprotectores (Aguilera *et al.*, 2011); los pescados marinos se han identificado como fuente de ácidos grasos omega 3, con efectos cardioprotectores en personas con diabetes tipo II, disminuyen la incidencia de accidentes cardiovasculares, muerte súbita y reducen los niveles de triglicéridos, además de incrementar los niveles de lipoproteínas de alta densidad en la sangre (Castro-González *et al.*, 2007); también se ha reportado que los hongos comestibles poseen propiedades anticancerígenas y antitumorales, hipocolesterolémicas, antivirales, antibacterianas, o inmunomoduladoras, entre otras (Suárez y Nieto, 2013); el frijol, uno de los alimentos esenciales de la dieta, especialmente en Centroamérica y Sudamérica, ha sido identificado como fuente de fitoquímicos como: fibra dietética, polifenoles, ácido fítico, taninos, inhibidores de tripsina y lectinas (Ulloa *et al.*, 2011).

La caña de azúcar, cañadulce o cañamiel es un cultivo herbáceo de tallo leñoso que tradicionalmente se ha empleado como fuente de sacarosa, comúnmente conocida como azúcar de mesa. El nombre

científico de la caña de azúcar es *Saccharum officinarum* y se cultiva en muchos países tropicales y subtropicales de todo el mundo (Aguilar-Rivera *et al.*, 2010). Cuando se piensa en caña de azúcar, se asocia con la producción de sacarosa. Sin embargo, recientes investigaciones muestran propiedades de la caña de azúcar que inciden en la salud de los consumidores, ya que es fuente importante de ingredientes fisiológicos activos. A continuación se exponen algunos componentes de la caña de azúcar con propiedades funcionales, resultado de investigaciones realizadas alrededor del mundo.

## II. BAGAZO

El bagazo es un residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña; es el remanente de los tallos de la caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta contiene (Aguilar-Rivera, 2011). Se produce en grandes cantidades por las industrias de azúcar y alcohol en diferentes países, como Brasil, India, Cuba, China, México, Indonesia y Colombia. Se ha encontrado que, en general, una tonelada de caña genera 160 k de bagazo. Por lo tanto, debido a la importancia del bagazo como un residuo industrial, existe un gran interés en el desarrollo de métodos para la producción biológica de combustible y productos químicos que ofrecen ventajas económicas, ambientales y estratégicas (Cardona *et al.*, 2010). El bagazo se compone principalmente de lignina (20-30%), celulosa (40-45%) y hemicelulosas (30-35%). Debido a su contenido de cenizas inferior del 1.9%, el bagazo ofrece numerosas ventajas en comparación con otros residuos basadas en la agricultura, como la paja de arroz, 16% y la paja de trigo, 9.2% (Cardona *et al.*, 2010).

### A. Antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos capaces de inhibir o retardar la oxidación mediante la captación de radicales libres, cuyo consumo está relacionado con su potencial antimutagénico y propiedades anticancerígenas (Luna-Guevara y Delgado-Alvarado, 2014). La cáscara y el bagazo de la caña de azúcar son una de las materias primas ricas en especies moleculares renovables de antioxidantes. Suganya *et al.* (2012) estudiaron la cáscara y el bagazo de la caña de azúcar por su contenido de fenoles totales, el contenido total de flavonoides, actividades antioxidantes y antiproliferativos. La cáscara y bagazo de la caña de azúcar han sido reportados como fuentes importantes de antocianinas, flavonoides y polifenoles antioxidantes. Los extractos de la cáscara de caña de azúcar inhiben el crecimiento de células de cáncer de colon, incluso a la concentración más baja. Por lo que estos extractos pueden ser una fuente de antocianina prometedora y de bajo costo para los propósitos terapéuticos contra cáncer de colon humano.

### B. Fibra dietética

La fibra dietética y los granos enteros contienen una mezcla única de componentes bioactivos que incluyen los almidones resistentes, vitaminas, minerales, fitoquímicos y antioxidantes. La investigación con respecto a sus efectos beneficios para la salud ha recibido considerable atención en los últimos años (Lattimer y Haub, 2010). Fujii *et al.* (2013) demostraron que una mayor ingesta de fibra en la dieta está asociada con un mejor control de la glucemia y de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, incluyendo la enfermedad renal crónica en pacientes diabéticos. Los pacientes diabéticos deben ser alentados a consumir más fibra dietética en la vida diaria. Martínez-Bustos *et al.* (2011) extruyeron mezclas de fibra de bagazo de caña de azúcar, almidón de maíz, y proteína de suero. Durante el proceso de extrusión el contenido de fibra insoluble se redujo y la de fibra soluble aumentó. El proceso de extrusión mejoró las propiedades funcionales de la fibra de bagazo de caña, lo que permitirá su adición a diversos sistemas alimentarios.

### III. JUGO

El jugo de caña es un líquido viscoso, de color opaco que va del marrón al verde oscuro. Su composición varía dependiendo de la variedad, la edad, fitosanidad, el suelo, las condiciones meteorológicas, manejo agronómico, etc. La caña de azúcar tiene una serie de compuestos que confieren color al jugo, tales como la clorofila y los compuestos fenólicos, cuya presencia puede determinar, por diferentes vías, el desarrollo de otros compuestos de color. Uno de los cambios más importantes en el jugo de la caña de azúcar es el oscurecimiento que se produce inmediatamente después de la extracción, que se relaciona con la formación de melanoidinas, de la reacción de Maillard entre los azúcares reductores y las proteínas y aminoácidos presentes en la caña de azúcar (Solís-Fuentes *et al.*, 2010).

El jugo se compone principalmente de sacarosa y en relación con ello se han dado a conocer valores de energía digestible tan altos como 15.35 kJ/g de masa seca, explicando por lo tanto, su alta digestibilidad (González *et al.*, 2006). El jugo de caña contiene entre 15 y 20% de sólidos totales, de los cuales alrededor del 80% son azúcares solubles, principalmente sacarosa, es libre de contenido fibroso y bajo en proteína por lo que es una fuente básicamente energética. Se considera que el jugo de caña de azúcar es 3.8 veces más energético que un cereal (Solís-Fuentes *et al.*, 2010).

#### A. Antioxidantes

Además de los nutrientes tradicionalmente estudiados en el jugo de caña, también se ha demostrado la presencia de sustancias con actividad antioxidante. En el jugo se ha reportado la presencia de compuestos fenólicos como los flavonoides y los ácidos cinámico (apigenina, luteolina, derivados de tricina, ácidos cafeico y sinápico e isómeros del ácido clorogénico) en niveles de alrededor de 160 mg/l. Esto significa que un vaso de 250 ml de jugo contiene 40 mg de compuestos fenólicos, lo que representa una fuente importante de antioxidantes en la dieta. En comparación con las bebidas comerciales a base de soya, que contienen de 18 a 83 mg de isoflavonas por litro, con un valor medio de 32 mg/l, el jugo de la caña de azúcar es una alternativa más para aumentar la ingesta de polifenoles (Solís-Fuentes *et al.*, 2010).

El jugo de la caña de azúcar es ampliamente consumido por la gente de los trópicos y subtrópicos. Se ha utilizado para curar la ictericia y trastornos relacionados con el hígado en los sistemas de medicina de la India. Su posible mecanismo de acción fue examinado en términos de disponibilidad de antioxidantes. Kadam, *et al.* (2008) midieron el contenido de fenoles y flavonoides totales y estudiaron los extractos acuosos de tres variedades de caña de azúcar. Estas variedades mostraron buenas propiedades antioxidantes y también fueron capaces de proteger contra el daño del ADN (ácido desoxirribonucleico) inducido por radiación. El estudio reveló que la capacidad del jugo de caña de azúcar para eliminar los radicales libres, reducir el complejo de hierro y de inhibir la peroxidación de lípidos pueden explicar los posibles mecanismos por los que el jugo de la caña de azúcar exhibe sus efectos beneficiosos en relación con sus beneficios para la salud.

#### B. Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos no sintetizables por el organismo (con algunas excepciones), necesarias en pequeñas cantidades y esenciales para mantener un adecuado metabolismo. Con base en sus propiedades de solubilidad en agua y grasas, la clasificación más aceptada es la que divide a las vitaminas en hidrosolubles y liposolubles (Godínez-Rubí *et al.*, 2012). En la India, el jugo de caña de azúcar es una bebida popular, pero en la mayoría de los casos no se encuentra disponible en condiciones higiénicas. Karmakar *et al.* (2010) evaluaron el efecto de la temperatura sobre la tasa de descomposición de la vitamina C y la destrucción de microorganismos en el jugo de la caña de azúcar durante la pasteurización. Se encontró que las mejores condiciones para la conservación de la vitamina

C y la reducción de la carga microbiana se obtuvieron en el jugo pasteurizado a 90°C durante 5 minutos y almacenado a temperatura de refrigeración (4°C). Después de 25 días se encontró que el contenido de vitamina C se mantuvo en 4.7 mg/ml. La vitamina C es un importante micronutriente relacionado con la biosíntesis de los aminoácidos y la adrenalina, el mantenimiento del colágeno, la desintoxicación del hígado y el papel preventivo frente a varios tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares. Su disponibilidad es reducida significativamente durante el procesamiento de las frutas y hortalizas, por acción de la temperatura, el oxígeno, la luz, la presión, los iones metálicos, los azúcares reductores y el pH (Ordóñez-Santos y Yoshioka-Tamayo, 2012).

### C. *Bebidas deportivas*

Se sabe que las bebidas deportivas debido a su composición con electrolitos y carbohidratos pueden favorecer una mayor conservación de líquido y por eso han sido el patrón de comparación frente a otras bebidas, las cuales han surgido como alternativas de rehidratación; mientras que el agua, la bebida por excelencia, tiende a incrementar la eliminación de la orina y a disminuir la sensación de sed, antes de lograr una verdadera hidratación. Recientes estudios muestran que las bebidas naturales como el agua de coco resultan tan efectivas como una bebida rehidratante (Pérez y Aragón, 2012). De igual manera, el jugo de la caña de azúcar es una bebida natural popular en la mayoría de las regiones tropicales de Asia. Sin embargo, la investigación sobre su efecto en la mejora del rendimiento deportivo ha sido limitada, por lo que Kalpana *et al.* (2013) evaluaron el efecto del jugo de la caña de azúcar en el metabolismo durante el ejercicio y el rendimiento deportivo de los atletas en comparación con una bebida deportiva comercial. Encontraron que la ingestión de jugo de caña de azúcar mostró aumento significativo ( $P < 0.05$ ) en los niveles de glucosa en sangre durante y después del ejercicio, en comparación con el agua pura y la bebida deportiva. No se encontraron diferencias significativas entre el jugo de caña de azúcar, el agua pura y la bebida deportiva para el tiempo total de ejercicio, la frecuencia cardíaca, el lactato sanguíneo y el volumen plasmático, por lo que el jugo de caña de azúcar puede ser igualmente eficaz durante el ejercicio en un ambiente cómodo ( $< 30^{\circ}\text{C}$ ) y una bebida más efectiva para la rehidratación en ejercicios posteriores, ya que mejora la re-síntesis de glucógeno muscular.

### D. *Efecto profiláctico*

Otra actividad funcional reportada en el jugo de caña de azúcar es el efecto profiláctico, que se refiere a la promoción de la resistencia a las infecciones virales y bacterianas. Estos efectos pueden ser explotados para reducir o, en algunos casos, eliminar el uso de antibióticos. Koge *et al.* (2005) reportaron el efecto profiláctico en ratones, a quienes se administró por vía subcutánea un virus de la *pseudorrabia* y *Escherichia coli* patógena. Se administró un extracto de jugo de caña de azúcar por vía oral, una vez al día durante tres días después de la fecha de la exposición viral, y sólo una vez en el experimento bacteriano. En los grupos de control, se administró agua destilada en lugar del jugo. Las tasas de supervivencia se determinaron siete días después de la inoculación viral, y cuatro días después de la inoculación bacteriana. Todos los ratones del grupo control murieron. En los grupos que se les administró el extracto de caña de azúcar, por lo menos siete de los diez ratones sobrevivieron. Estos resultados indican que los extractos tienen un marcado efecto profiláctico ya que impiden que los patógenos se multipliquen. En la actualidad, extractos de caña de azúcar se han desarrollado para ser materiales de alimentación de pollos, cerdos, etc. con la finalidad de reducir o, en algunos casos, para eliminar el uso de antibióticos.

### E. *Anticariogénico*

La caries dental es una enfermedad multifactorial que se caracteriza por desmineralización localizada y progresiva de las porciones inorgánicas del diente y el deterioro posterior de su parte orgánica. Epidemiológicamente la caries dental constituye un problema de salud pública con un alto grado de morbilidad y elevada prevalencia (Oropeza-Oropeza *et al.*, 2012). La dieta es uno de los elementos

esenciales a tener en cuenta para la prevención de la caries y la enfermedad periodontal. Los estilos saludables de alimentación están presentes en el mundo de hoy y tener conocimiento de ello guarda íntima relación con la promoción de salud bucal y general del individuo (Más *et al.*, 2005). El concepto de salud ha prevalecido durante siglos y los hábitos alimentarios están cambiando con la modernización. Los jugos de frutas son promovidos como “bebidas saludables”. Saxena *et al.* (2010) evaluaron el efecto de jugos de frutas (manzana, limón dulce, caña de azúcar y mango) sobre el pH de la placa dentaria. El pH endógeno de los jugos de fruta fue ácido. La acidez titulable máxima fue para lima dulce. Todos los jugos de frutas analizadas en este estudio fueron de naturaleza ácida y disminuyeron el pH de la placa por debajo del pH crítico en el grupo con caries.

Por otra parte, se ha reportado que los trabajadores de la caña de azúcar en Sudáfrica, quienes consumen grandes cantidades de caña de azúcar cruda al día, presentan una experiencia baja de caries. Singh *et al.* (2013) investigaron en la India la hipótesis de que los niños que residen en una región de caña de azúcar tienen una experiencia de caries menores que los que viven fuera de la región de cultivo. Los datos sobre los hábitos alimenticios de los niños se obtuvieron mediante un cuestionario y la experiencia de caries se determinó durante un examen clínico. El agua potable en ambas regiones contenía flúor por lo menos de 0.5 ppm. Se encontró que los niños que residen en la región de cultivo de caña de azúcar fueron 49% menos propensos a caries dental. Los resultados de este estudio apoyan la hipótesis de que la masticación de la caña de azúcar en bruto se asocia con una reducción de la experiencia de caries dental.

#### IV. HOJAS

El análisis de la composición de las hojas de caña de azúcar es una herramienta muy útil para diagnosticar el estado nutricional del cultivo y ha sido utilizado por muchos años para planear y evaluar los programas de fertilización (Flores *et al.*, 2011). Sin embargo el contenido de nutrientes en el tejido foliar ha sido poco evaluado como fuente de metabolitos con actividad funcional. Los residuos constituyen alrededor del 30% de la caña de azúcar en su estado natural; están constituidos por cogollos (parte superior del tallo, constituye la parte más tierna de toda la planta) y hojas verdes (8.44%), vainas (parte de la hoja unida al tallo) y hojas secas (19.74%). Se ha reportado que se obtendrían 25 toneladas de hojas de caña de azúcar por hectárea cultivada. Es una cantidad bastante elevada para un desecho, que urge aprovechar. A la fecha el aprovechamiento de las hojas y otros residuos de la cosecha es aún incipiente (Guzmán *et al.*, 2011; León-Martínez *et al.*, 2013).

##### A. Antioxidantes

La alta ingesta de antioxidantes naturales se ha asociado con una menor incidencia de enfermedades crónicas tales como cáncer y enfermedades del corazón. Por lo tanto, hay necesidad de conocer los cultivos ricos en antioxidantes y compuestos fenólicos. Abbas *et al.* (2013) estudiaron los extractos acuosos de hojas de trece variedades de caña de azúcar por su actividad antioxidante y efecto protector sobre el daño del ADN. Las diferentes variedades de caña de azúcar mostraron las mayores propiedades antioxidantes y demostraron su capacidad de proteger contra el daño del ADN, lo cual pueden ser en parte, debido a su contenido de flavonoides. En este sentido, los investigadores sugieren que los extractos de hojas de caña de azúcar en agua caliente podrían proporcionar la salud y los efectos de los alimentos funcionales, debido a sus propiedades antioxidantes.

#### V. PANELA

La panela es un producto natural sólido, obtenido mediante la concentración de jugo de caña de azúcar previamente aclarado. También es conocida como piloncillo, raspadura, rapadura, atado dulce, tapa de dulce, chancaca, chamgay, empanizao, papelón o panocha en diferentes latitudes del idioma

español; en la India y Pakistán se le denomina gur o jaggery. Este producto alimenticio es considerado un edulcorante ya que conserva la mayor parte de los compuestos presentes en el jugo de la caña de azúcar, y por lo tanto, se espera que su valor nutricional sea más alto que el del azúcar refinado. Se ha demostrado que la panela tiene propiedades medicinales; por ejemplo, la prevención de las lesiones pulmonares inducidas por el humo, debido a sus propiedades antitoxigénicas y anticancerígenas. Además, tiene una actividad antioxidante potencial debido a la presencia de compuestos polifenólicos en el jugo de la caña (Guerra y Mujica, 2010).

#### A. Antianémico

La anemia ferropénica es el problema nutricional prevenible más extendido en el mundo, a pesar de los continuos esfuerzos para su control. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más de dos mil millones de personas sufren de esta condición en todo el mundo. La estimación de la prevalencia de anemia en niños de edad preescolar mundial es del 47.4% de la población total en este rango de edad. Para combatir la anemia, la OMS aboga por tres métodos principales: la diversificación de la dieta incluyendo alimentos ricos en hierro con una alta biodisponibilidad; fortificación de alimentos de primera necesidad; y los suplementos de hierro para las poblaciones en riesgo. La diversificación de la dieta es probablemente el medio más sostenible de abordar el problema de la anemia. Entre las estrategias de diversificación más prometedoras se encuentran aquellas que incluyen el uso de productos alimenticios que se consumen a nivel local. Alimentos populares consumidos localmente con alto contenido de hierro y biodisponibilidad son de gran interés, ya que pueden ser utilizados para hacer frente a la anemia en las poblaciones con niveles bajos de hierro, como niños en crecimiento y mujeres en edad fértil (Nogueira *et al.*, 2013). Arcanjo *et al.* (2009) evaluaron el efecto del consumo de una bebida mezclada con un edulcorante de alto contenido de hierro (jugo de caña evaporado conocido como rapadura) sobre los niveles de hemoglobina en niños preescolares y lo compararon con el efecto de consumir la misma bebida endulzada con refinada azúcar. Se observó un aumento significativo de la hemoglobina en el grupo que consumió la bebida fortificada con rapadura. Se concluyó que el consumo de rapadura elevó la hemoglobina y disminuyó la anemia por deficiencia de hierro en niños preescolares.

#### B. Fuente de minerales y vitaminas

Predominantemente, la población de la India vive en zonas rurales y la mayoría de la población sufre debido a la desnutrición y la malnutrición. La comida saludable es la comida que es beneficiosa para la salud, más allá de una dieta normal. El jaggery es un producto de la caña de azúcar, rico en minerales importantes: calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio, hierro, manganeso, zinc y cobre; vitaminas: vitamina A, vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, vitamina C, vitamina D<sub>2</sub> y vitamina E. El magnesio fortalece el sistema nervioso, ayuda a relajar los músculos, alivia la fatiga y cuida de los vasos sanguíneos. También, junto con el selenio, actúa como un antioxidante y tiene propiedades para eliminar los radicales libres del cuerpo. El potasio y el sodio, presentes en bajas cantidades en el jaggery mantienen el equilibrio ácido en las células del cuerpo y ayudan en el control de la presión arterial. El hierro ayuda a prevenir la anemia, ayuda a aliviar la tensión y se encarga del asma, ya que tiene propiedades antialérgicas (Singh *et al.*, 2013).

## VI. CONCLUSIONES

Generalmente, la caña de azúcar se asocia con la producción de sacarosa o azúcar de mesa. Sin embargo, también es fuente de importantes sustancias fitoquímicas como son los antioxidantes, la fibra dietética y las vitaminas y minerales, los cuales mejoran la rehidratación de atletas durante el ejercicio, ejercen efecto profiláctico contra virus y bacterias en animales y producen un efecto anticariogénico y antianémico en humanos. Los metabolitos de la caña de azúcar con actividad funcional se encuentran en

diferentes partes de la planta: bagazo, jugo, hojas y productos como la panela. La presencia de estos metabolitos con actividad funcional en humanos y animales permite a incluir a la caña de azúcar dentro del grupo de alimentos funcionales. Sin embargo, es importante realizar nueva investigación que contribuya a una mayor comprensión de la actividad funcional de estos compuestos fitoquímicos.

#### REFERENCIAS

- [1] Aguilera, M., Reza, M., Chew, R. y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *BIOTecnía*, 13, 2, 16-22.
- [2] Abbas, S., Ahmad, S., Sabir, S., Shah, A., Awan, S., Gohar, M., Fareed, M. and Rao, A. (2013). Antioxidant activity, repair and tolerance of oxidative DNA damage in different cultivars of sugarcane (*Saccharum officinarum*) leaves. *Australian Journal of Crop Science*, 7, 1, 40-45.
- [3] Aguilar, N. (2010). La caña de azúcar y sus derivados en la Huasteca, San Luis Potosí, México. *Diálogos*, 11, 1, 81-110.
- [4] Aguilar-Rivera, N., Galindo, G., Contreras, C. y Fortanelli, J. (2010). Zonificación productiva cañera en Huasteca Potosina, México. *Agronomía Trop*, 60, 2, 139-154.
- [5] Aguilar-Rivera, N. (2011). Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 12, 2, 189-197.
- [6] Arcanjo, F., Pinto, V., Arcanjo, M., Amici, M. y Amâncio, O. (2009). Effect of a beverage fortified with evaporated sugarcane juice on hemoglobin levels in preschool children. *Rev Panam Salud Publica*, 26, 4, 350-354.
- [7] Cardona, C., Quintero, J. y Paz, I. (2010). Production of bioethanol from sugarcane bagasse: Status and perspectives. *Bioresource Technology*, 101, 4754-4766.
- [8] Castro-González, M., Ojeda, V., Montaña, B., Ledesma, C., Pérez-Gil, R. (2007). Evaluación de los ácidos grasos n-3 de 18 especies de pescados marinos mexicanos como alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57, 1, 85-93.
- [9] Cruz, R., González, J. y Sánchez, P. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutr Hosp*, 28, 1, 6-15.
- [10] Flores, D., Hernández, F. y Pérez, O. (2011). Épocas de muestreo y posición de la hoja en el análisis foliar para diagnóstico de nitrógeno en variedades de caña de azúcar en Guatemala. *Atagua*, enero-marzo, 4-10.
- [11] Fujii, H., Iwase, M., Ohkuma, T., Ogata-Kaizu, S., Ide, H., Kikuchi, Y., Idewaki, Y., Joudai, T., Hirakawa, Y., Uchida, K., Sasaki, S., Nakamura, U. y Kitazono, T. (2013). Impact of dietary fiber intake on glycemic control, cardiovascular risk factors and chronic kidney disease in Japanese patients with type 2 diabetes mellitus: the Fukuoka Diabetes Registry. *Nutrition Journal*, 12, 159, 1-8.
- [12] Godínez-Rubí, M., Valle-Anaya, M. y Anaya-Prado, R. (2012). Vitaminas hidrosolubles y su efecto sobre la expresión génica. *Rev Latinoam Cir*, 2, 1, 40-48.
- [13] Guerra, M. y Mujica, M. (2010). Physical and chemical properties of granulated cane sugar “panelas”. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 30, 1, 250-257.
- [14] Guzmán, A., Gutiérrez, C., Amigó, V., Mejía, R. y Delvasto, S. (2011). Valoración puzolánica de la hoja de la caña de azúcar. *Materiales de Construcción*, 61, 302, 213-225.
- [15] Kadam, U., Ghosh, S., De, S., Suprasanna, P., Devasagayam, T. y Bapat, V. (2008). Antioxidant activity in sugarcane juice and its protective role against radiation induced DNA damage. *Food Chemistry*, 106, 3, 1154-1160.

- [16] Kalpana, K., Rishi, P., Lakshmi, D. y Lal, G. (2013). The effects of ingestion of sugarcane juice and commercial sports drinks on cycling performance of athletes in comparison to plain water. *Asian J Sports Med*, 4, 3, 181-189.
- [17] Karmakar, R., Kumar, A. y Gangopadhyay, H. (2010) Study on the nutritional and microbiological changes of sugarcane juice and determination of optimum conditions during pasteurization. *As. J. Food Ag-Ind.*, 3, 4, 453-461.
- [18] Koge, K., Saska, M. y Chi, C. (2005). Chapter 18 E1. *Antioxidants and other functional extracts from sugarcane*. En *Asian Functional Foods*. John Shi, Fereidoon Shahidi, Chi-Tang Ho. pp 672.
- [19] Lattimer, J. y Haub, M. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2, 1266-1289.
- [20] León-Martínez, T., Dopíco-Ramírez, D., Triana-Hernández, O. y Medina-Estevez, M. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 47, 2, 13-22.
- [21] Luna-Guevara, M. y Delgado-Alvarado, A. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18, 1, 51-66.
- [22] Martínez-Bustos, F., Viveros-Contreras, R., Galicia-García, T., Nabeshima, E. y Verdalet-Guzmán, I. (2011). Some functional characteristics of extruded blends of fiber from sugarcane bagasse, whey protein concentrate, and corn starch. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 31, 4, 870-878.
- [23] Más, M., Gómez, M. y García-Roco, O. (2005). La dieta y su relevancia en la caries dental y la enfermedad periodontal. *Archivo Médico de Camagüey*, 9, 1, 1-8.
- [24] Nogueira, F., Silverio, O., Pellegrini, J. (2013). *Evaporated Sugarcane Juice as a Food Fortificant*. Handbook of Food Fortification and Health, Nutrition and Health. pp 105-111.
- [25] Ordóñez-Santos, L. y Yoshioka-Tamayo, L. (2012). Cinética de degradación térmica de vitamina C en pulpa de mango (*Mangifera indica* L). *Vitae*, 19, 1, S81-S83.
- [26] Oropeza-Oropeza, A., Molina-Frechero, N., Castañeda-Castaneira, E., Zaragoza-Rosado, Y. y Cruz, D. (2012). Caries dental en primeros molares permanentes de escolares de la delegación Tláhuac. *Revista ADM*, 69, 2, 63-68.
- [27] Ozen, A., Pons, A. y Tur, J. (2012). Worldwide consumption of functional foods: a systematic review. *Nutr Rev*, 70, 8, 472-481.
- [28] Pérez, M., Sánchez, R., Palma, D. y Salgado, S. (2011). Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interciencia*, 36, 1, 45-52.
- [29] Primera-Pedrozo, O., Colpas-Castillo, F., Meza-Fuentes, E., Fernández-Maestre, R. (2011). Carbones activados a partir de bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz para la adsorción de cadmio y plomo. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 35, 136, 387-396.
- [30] Sánchez-Valle, V. y Méndez-Sánchez, N. (2013). Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Rev Invest Med Sur Mex*, 20, 3, 161-168.
- [31] Saxena, S., Singh, S. y Tiwari, S. (2010). Effect of fresh fruit juices on pH of dental plaque. *Annals and Essences of Dentistry*, 2, 4, 36-40.
- [32] Singh, J., Solomon, S. and Kumar, D. (2013). Manufacturing Jaggery, a Product of Sugarcane, As Health Food. *Agrotechnology*, S11, 007, 1-3.
- [33] Singh, A., Grover, H. and Bhatia, H. (2013). The study of cariogenicity of raw sugarcane in 12-year-old children in Punjab, India. *J Oral Health Comm Dent*, 7, 1, 37-43.

- [34] Solís-Fuentes, J., Calleja-Zurita, K., Durán-de-Bazúa, M. (2010). Desarrollo de jarabes fructosados de caña de azúcar a partir del guarapo. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*, 25, 1, 53-62.
- [35] Suárez, C. y Nieto, I. (2013). Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en la obtención de nutracéuticos. *Rev Iberoam Micol*, 30, 1, 1-8.
- [36] Suganya, P., Pallavi, R., Elakkiya, S. y Ram, S. (2012). Anthocyanin analysis and its anticancer property from sugarcane (*Saccharum Officinarum* L.) peel. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*. 2, 2, 338-345.
- [37] Timbuntam, W., Sriroth, K. y Tokiwa, Y. (2006). Lactic acid production from sugar-cane juice by a newly isolated *Lactobacillus* sp. *Biotechnol Lett*, 28, 811-814.
- [38] Ulloa, J., Rosas, P., Ramírez, J. y Ulloa, B. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 3, 8, 5-9.