

## Aprovechamiento Sustentable de Piloncillo de Caña de Azúcar Cultivada en la Huasteca Potosina

### Sustainable Use of Sugarcane “Piloncillo” Cultivated in the Huasteca Potosina

Diana B. Muñoz-Márquez<sup>a</sup>, Pedro Aguilar-Zárate<sup>a</sup>, Fabiola Veana<sup>a</sup>, Carlos Reyes-Luna<sup>a</sup>, Heriberto Ramírez-Cathí<sup>a</sup>, Jorge E. Wong-Paz<sup>\*</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Ingenierías. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Tecnológico Nacional de México. 79010, Ciudad Valles, S. L. P., México. \*Autor para correspondencia: [jorge.wong@tecvalles.mx](mailto:jorge.wong@tecvalles.mx); Tel/Fax: + 52 481-3812044.

#### Resumen

El piloncillo es un producto que se obtiene a partir del jugo de la caña de azúcar, donde los sólidos son concentrados, cristalizados y moldeados. En la Huasteca Potosina se elabora en pequeñas industrias denominadas trapiches. El piloncillo se usa como edulcorante en la elaboración de alimentos, sin embargo, su uso aún no es extendido. Por lo tanto, el objetivo del presente documento es divulgar la importancia y utilidad del piloncillo, a través de la descripción de las generalidades del proceso de producción, y su influencia en la aportación nutrimental y en los componentes que proporcionan sus características organolépticas. Asimismo, se hace la descripción de algunos productos elaborados con la intención de revalorar esta industria, así como los avances y retos que presenta.

**Palabras clave:** Piloncillo, meladura, caña, edulcorante.

#### Abstract

Piloncillo is a product obtained from sugar cane juice by concentrating, crystallizing and molding the solids. It is produced in Huasteca Potosina in small industries. Piloncillo is used as sweetener for the elaboration of food, however, its use is not yet extended. Hence, the objective of the present manuscript is to inform the importance and utility of this product by describing generalities of the production process, its nutritional contribution and the components that provide organoleptic characteristics. Also, are described some new products elaborated for the revalorization of the industry, as well as their advances and challenges.

**Keywords:**

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es considerada como uno de los cultivos más importantes para la economía regional de algunos países productores como la India y Colombia, ya que a partir de ella es posible la obtención de diferentes subproductos (Makoto y col., 2016). Entre éstos, el piloncillo se considera como uno de los más importantes en algunas regiones piloncilleras, el cual se puede definir como “un producto sólido obtenido a partir de la evaporación del agua presente en el jugo de caña que es sometido a altas temperaturas”, generalmente superiores a 90°C. En algunos lugares es conocido como

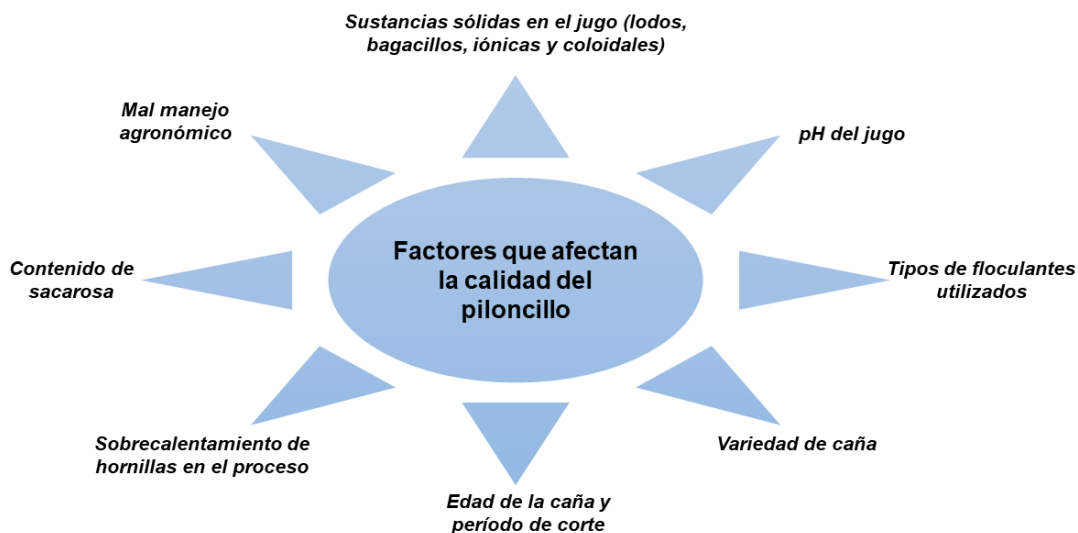
panela (América Latina), moscabado (Filipinas) y Kokuto (Japón) (Jaffé, 2015). La elaboración de este producto aún sigue siendo artesanal en muchas de las regiones productoras, particularmente en México. En algunas investigaciones, se ha documentado que el piloncillo contiene varios compuestos derivados de la caña que presentan diversas propiedades biológicas, entre las que se destacan su poder antioxidante. Además, se ha demostrado que los ácidos fenólicos (gálico, cafeico y cumárico) presentes tienen propiedades antiateroscleróticas (Asikin y col., 2014; Asikin y col., 2016).

Sin embargo, hasta la fecha, el piloncillo de caña es considerado como un subproducto poco valorado en el mercado mundial, debido a que representa el 16% del consumo total de edulcorante calórico per cápita en todo el mundo (Jaffé, 2015). Por lo tanto, el objetivo de la presente revisión bibliográfica es divulgar acerca de la importancia y utilidad del piloncillo como sustituto de los edulcorantes convencionales con expectativa a una posible comercialización mundial de este subproducto.

### GENERALIDADES

El azúcar no centrifugado es conocido en diversos lugares a nivel mundial, pero con diferente terminología, como. Por ejemplo, rapadura, panelón, panela, chancaca, gulayaba, kokuto, chancata, tapa de dulce, gur, jaggery, moscabado o gula mera entre otros (Jeffé, 2013; Weerawatanakorn y col., 2016). En México, este producto se conoce como “piloncillo”, el cual se deriva de la evaporación del agua presente en el jugo de caña, representa el 10% de los 130 millones de toneladas de azúcar que se producen por año a nivel mundial, y es caracterizado por contener una gran variedad de nutrientes y poder edulcorante, por lo cual, representa una ventaja sobre la sacarosa (azúcar de mesa) para ser considerado como producto potencial en el mercado (Jaffé, 2015). Sin embargo, la composición química del piloncillo depende directamente

de ciertos factores, destacando el periodo de corte de la caña, la variedad de la caña y la edad de la misma, factores que influyen en el rendimiento y la calidad del producto final (Prada-Florero y col, 2015). En Colombia, los rendimientos de piloncillo varían de acuerdo a la tecnología empleada en el proceso, es decir, la forma de corte de la caña, la hornilla utilizada, el manejo agronómico y la variedad de caña. Asimismo, el lavado de la materia prima y la eliminación de las sustancias sólidas presentes en el jugo después de su extracción (lodo, bagacillos, ceras) a través de procesos de filtración y clarificación son etapas importantes que se deben de tomar en cuenta en el proceso de producción (Prada-Forero y col., 2014). En este sentido, la composición química y nutricional del piloncillo o la concentración de los compuestos presentes puede verse afectada, impactando principalmente en sus propiedades físicas como el color, textura, turbidez y dureza, atributos que son importantes para la aceptación del producto por parte del consumidor. Por otro lado, el tipo de azúcares presentes varía con base en el pH del jugo y de la temperatura de evaporación, además la concentración de sacarosa se modifica de acuerdo con la presencia de calcio, fosfatos y fenoles (Prada-Forero y col., 2015). La figura 1 resume los principales factores que afectan la calidad del piloncillo y que se deben tomar en cuenta durante el proceso de elaboración.



**Figura 1.** Factores que afectan la calidad del piloncillo durante su elaboración.

Por otra parte, a nivel mundial la producción de piloncillo impacta en la economía de ciertos países, particularmente en Colombia, donde la comercialización de este producto, para ellos llamado “panela” es el sector más importante a nivel cultural y económico de muchos habitantes que se dedican a esta actividad (Ordoñez-Díaz y Rueda-Quiñónez, 2017).

La India es el principal productor de piloncillo en el mundo, pero a pesar de eso, Colombia y Pakistán presentan el mayor consumo per cápita de este producto (31.2 kg/año). Adicionalmente, Colombia es el mayor productor en el periodo 2005-2009 (Solís-Pacheco y col. 2006; Jaffé, 2013). En México se producen 51 mil toneladas de piloncillo de forma o granulado con un consumo per cápita anual de 0.5 kg (Solís-Pacheco y col., 2006). Este país se posiciona en el sexto lugar de la producción mundial de caña de azúcar y los tres estados de mayor producción nacional son Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí (SIAP, 2017). Cabe resaltar que, en la Huasteca Potosina, el cultivo de caña de azúcar para la obtención de sacarosa es una de las principales prioridades de la agroindustria dentro de los municipios de Aquismón, Cd. del Maíz, Cd. Valles, Ébano, El naranjo, San Vicente Tancuayalab, Tamasopo, Tampamolón Corona, Tamuín, Tancanhuitz y Tanlajas, los cuales comprenden la región Noreste del país (CONADESUCA, 2014-2015). Sin embargo, la actividad piloncillera también se practica en esta zona, pero en menor medida. Por ello, es importante desarrollar un proceso de producción de piloncillo más tecnificado, estandarizado y que se puede implementar en la Región Huasteca, así como en otras zonas productoras.

## PROCESO DE PRODUCCIÓN

La zona piloncillera de la Huasteca potosina se ubica en los municipios de San Antonio, Aquismón, Huehuetlán, Tancanhuitz, Tanlajás, Tampamolón, Tamazunchale y Coxcatlán (del Moral, 1995; SEDARH, SNIDRUS, 2015). En estos municipios se encuentran gran número de productores artesanales de piloncillo. Durante el periodo 2013-2014 de los 4675 productores de piloncillo, el 86% se enfocaron en la elaboración de piloncillo negro, seguido por un 11% de piloncillo blanco y en menor medida el piloncillo granulado (0.4%). Mientras que un 2.6% a la elaboración de las tres variedades (SEDARH, SNIDRUS, 2015). Pese a esta importante actividad, las cuestiones de inocuidad en el proceso aún son muy deficientes. La mayor parte de ellos usa trapiches pequeños, que tienen la función de moler la caña entera para la extracción de jugo, muchos de ellos de tracción animal y otros con motor de gasolina (Fig. 2a y 2b). El proceso de producción de piloncillo es prácticamente el mismo, con

pequeñas variaciones en el uso de algunos aditivos (mucílago de nopal, antiespumantes y lubricantes como grasas o ceras para evitar la adherencia a las punteras) que en experiencia de los productores le han dado mejores resultados. El rendimiento del procesamiento de una tonelada de caña de azúcar a piloncillo corresponde a 98.6 Kg de este (SEDARH, SNIDRUS, 2015).

### *Corte y acarreo de la caña de azúcar*

Previo a la etapa 1 referente a la extracción de jugo de caña, se realiza el corte de la misma de manera manual y se transporta a mano o con bestias de carga, donde el terreno no permite el acceso a otro medio de transporte. Donde es posible se utiliza camionetas o camiones de carga de acuerdo con las posibilidades del productor.

### *Extracción y evaporación de agua del jugo de caña de azúcar*

Se realiza la limpieza o lavado de la caña y se procede a la extracción en el trapiche donde se filtra el jugo para elaborar el piloncillo. Posteriormente, la evaporación se lleva a cabo en un horno rustico especialmente para este fin (Fig. 2c). Se coloca encima del horno una paila o puntera generalmente de acero inoxidable. El principal combustible para el proceso de evaporación es el bagazo de caña que se obtuvo de la molienda (Fig. 2d). Esta etapa del proceso tarda de tres a cuatro horas dependiendo de la cantidad de jugo requerido (Fig. 2e, f). Mientras el jugo de caña se encuentra en cocción se agita con una pala permanentemente, y periódicamente se retiran las impurezas que se acumulan en la superficie. En la parte final se realiza una actividad denominada “punteo”, que consiste en meter una pala pequeña para verificar la viscosidad de la miel e identificar el momento en que esté lista para ser sacada del horno, o como se dice comúnmente en la molienda, “ya dio el punto” (Fig. 3 a, b).

El piloncillo se produce en dos presentaciones principales, en cono o granulado (Fig. 3c-e). Cuando es en cono, se vacía la meladura en moldes de madera donde se enfría y cristaliza (Fig. 3c). Las presentaciones del piloncillo varían desde 250 g hasta 1 kg. Cuando se produce el piloncillo granulado se agita en la paila o puntera hasta que se enfría, cristaliza y es pasado por un tamiz para posteriormente ser envasado (Fig. 2d). Finalmente son embalados en cajas de carton de 2 niveles para el piloncillo en cono y en costales para piloncillo granulado (Fig. f y g, respectivamente) antes de su transporte al área de venta.



**Figura 2.** Proceso de obtención del jugo de caña. Extracción de jugo de caña de azúcar utilizando un trapiche de tracción animal (a) y motorizado con gasolina (b). Horno para puntera usado para la evaporación del agua del jugo de caña de azúcar (c). Bagazo de caña (combustible) (d). Filtrado y llenado de punteras (e y f).

### PROPIEDADES NUTRIMENTALES

El piloncillo es considerado un endulzante natural proveniente de la concentración de los azúcares del jugo de caña. Es conocido como azúcar no centrifugado, por lo que el producto final está constituido por componentes esenciales de la caña de azúcar, como minerales, vitaminas, aminoácidos, proteínas y antioxidantes (De Maria, 2013).

La Comisión Internacional de Comercio de los Estados Unidos de América definió que el piloncillo contiene solamente micro-cristales anhédricos, con bordes irregulares, no visibles a simple vista los cuales están rodeados de melazas residuales y otros constituyentes de la caña de azúcar (United States International Trade Commission, 2014).

A pesar de que existen datos cuantitativos referentes a la composición nutrimental del piloncillo, los datos siguen siendo relativos debido a las variaciones que representan factores como las diferentes variedades de caña de azúcar, las variaciones en el cultivo, y los procesos de producción.

De acuerdo con la revisión de Jaffé (2015), la composición nutrimental del piloncillo señala que el principal componente es la sacarosa y azúcares reductores como glucosa y fructosa. Mientras que el contenido de humedad es relativamente muy variado debido a las diferencias en los procesos de producción

artesanal. El contenido de minerales, proteínas y grasas es mínimo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición nutrimental del piloncillo

Componente	Composición porcentual (%)
Sacarosa	76.55-89.48
Azúcares reductores	3.69-10.5
Humedad	1.5-15.8
Cenizas	0.3-3.6
Proteínas	0.37-1.7
Grasas	0-0.1

El poder edulcorante del piloncillo es menor comparado con el azúcar mascabado y con el azúcar refinado, ya que el contenido de sacarosa en los primeros dos es por mucho, mayor que en el azúcar no centrifugado. En el caso del azúcar refinado, el contenido de sacarosa alcanza una composición de hasta el 99% mientras que en el azúcar mascabado de 96-99%. Sin embargo, en cuanto al contenido de otros elementos



como minerales y vitaminas, en el piloncillo se destaca por su presencia en mayor proporción comparado con el azúcar mascabado y azúcar refinado (Marini-Zavaleta, 2008). De acuerdo con Singh y col. (2013), el producto final del proceso de azúcar no centrifugado contiene vitaminas, tales como A, B1, B2, B5, B6, C, D2 y E, y minerales como calcio, magnesio, fósforo, sodio, hierro, manganeso, zinc, cloro y cobre.

Los procesos de producción de piloncillo *per se* permiten la presencia, aunque en bajas proporciones, de vitaminas y minerales, debido a que la degradación de tales componentes es menor que en los procesos de producción de azúcar refinada.

### COMPONENTES ORGANOLÉPTICOS

Durante el proceso de elaboración y almacenamiento del azúcar no centrifugado, existe un proceso bioquímico de oscurecimiento no enzimático vía reacción de Maillard. Este proceso involucra la interacción entre aminoácidos y azúcares, tiene un efecto crítico en las propiedades del producto final ya que altera las propiedades nutricionales, color, textura y sabor (Asikin y col., 2014).

Posterior al proceso de elaboración del azúcar no centrifugado, ésta se torna color café debido a la eliminación de impurezas durante su producción y a que se retienen pigmentos, fenoles y flavonoides que pueden proporcionar coloración al producto terminado (Payet y col., 2005). Asikin y col. (2014) reportaron el oscurecimiento del azúcar no centrifugado después de un año de almacenamiento debido a reacciones de Maillard. El oscurecimiento incrementó en un 12.5%, de acuerdo con el análisis de color a través de la medición de unidades de color ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) (ICUMSA, 2003). Otro factor importante que incrementa el oscurecimiento del azúcar no centrifugado es la temperatura de elaboración del producto, ya que se ha observado que en el proceso de producción los diferentes niveles de oscurecimiento se incrementan al incrementar la temperatura del proceso (Asikin y col., 2016).

Los compuestos volátiles identificados en el producto final obtenido del proceso de evaporación del jugo de caña de azúcar están relacionados con su aroma. Se han identificado principalmente compuestos como furanos, furanonas, 2-acetilpirrol o 5-(hidroximetil) furfural, que son producidos por la degradación térmica de carbohidratos vía caramelización o reacción de Maillard durante el proceso de manufactura (Payet y col., 2005).

El sabor del azúcar no centrifugado está influenciado por la presencia de compuestos volátiles. Asikin y col. (2014) identificaron 37 compuestos volátiles, de los cuales 12 fueron

productos de la reacción de Maillard, 10 fueron ácidos y 8 alcoholes. Sin embargo, después de 12 meses de almacenamiento, más de la mitad de los componentes volátiles que proporcionan el sabor fueron ácidos como el ácido butanoico, el ácido 2-propenoico, ácido hexanoico, ácido propanoico y ácido 3-metil butanoico. Los principales productos de la reacción de Maillard fueron los estereoisómeros R-, S-(R,R)-2,3-butanediol. Además, se encontraron sulfuro de dimetilo, aldehídos, terpenos, entre otros.

### PRODUCTOS DERIVADOS DEL PILONCILLO

El fundamento para la obtención de piloncillo se basa en la evaporación del agua presente en el jugo de la caña de azúcar. Los artesanos huastecos se han dedicado por años a esta actividad económica en la región del estado de San Luis Potosí. La manufactura artesanal del piloncillo (piloncillo moreno o negro) se caracteriza por ser de fácil elaboración debido a que no se requiere la filtración del jugo de caña de azúcar y no se realiza el descachazado (eliminación de la capa de espuma formada en la superficie); por lo tanto, contiene un gran número de impurezas que lo posicionan como un producto muy económico. Los destinos de este producto son la industria vitivinícola y tequilera (del Moral, 1995; Moctezuma, 2006). Tras su elaboración se puede obtener el piloncillo granulado (piloncillo en polvo), el cual se encuentra a la venta en reconocidas tiendas departamentales y naturistas en presentación de bolsas de 100- 500 g.

Otros productos derivados del piloncillo se elaboran por metodologías alternativas, p. ej. el piloncillo blanco, cuyo proceso requiere adicionar procedimientos omitidos en el piloncillo negro (filtración del jugo de caña de azúcar y descachazado). Al ser menores las impurezas del piloncillo blanco posee un mayor grado de calidad. Sin embargo, el esfuerzo laboral por presentar el producto de calidad no es valorizado y es pagado al mismo precio que el piloncillo negro.

Una alternativa de supervivencia de esta actividad económica en la zona Huasteca a punto de desaparecer es la producción de oro molido, cuyo método de elaboración involucra clarificación con mucilago de nopal como floculante, el cual al ser incorporado forma una capa de 3 cm de espesor (impurezas) que es retirada. Generalmente se adicionan de 1 a 1.5 L de mucilago de nopal por cada 120-160 L de jugo de caña de azúcar. (Romero-Morales y col., 2011; Prada-Florero y col. 2014).

### AVANCES Y RETOS DEL PILONCILLO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Si bien es cierto que se requiere lograr un sistema controlado que asegure un producto de calidad con mejoras al proceso artesanal que se ha seguido por años, también es preocupante el hecho de la poca valorización en el mercado productor y su

alto valor al consumidor final. Además, existe la dificultad en competir con el azúcar de mesa que se comercializa en la Zona Huasteca, debido a que los consumidores prefieren este producto. Por tal motivo, uno de los principales retos se centra en el control del proceso de elaboración de piloncillo, cuya calidad es influenciada por múltiples factores mencionados anteriormente.

Actualmente, se ha introducido en el mercado la venta de piloncillo granulado “La comandanta” en su presentación de bolsa de 500 g con un valor de \$50, incluyendo varias marcas que se refieren a este producto como “orgánico”. Sin embargo, se estima que el pago a las comunidades piloncilleras es muy bajo (11-14 veces más económico en comparación con su venta en reconocida tienda departamental), tal como se aprecia en la tabla 2. Por consiguiente, una alternativa reciente es la venta de la meladura de la caña de azúcar, es decir jugo de caña de azúcar con contenido parcial de agua, producto que a su vez es utilizado por empresas para la elaboración del producto final que es comercializado a un mayor precio comparado con el piloncillo artesanal, resulta ser una tendencia de importancia para exportación en la región europea. Otro aspecto importante de atender en la elaboración de piloncillo es la pérdida considerable de agua dado que el jugo de caña contiene cerca del 85%, la cual es reincorporada a la atmósfera, que en su caso podría ser recuperada y

aprovechada para otros fines (riego o lavado de material de laboratorio).

**Tabla 2.** Comparación de precio de piloncillo a público y a productores

Productores	Producto	Precio/Kg (\$)	Referencia
Zona piloncillera huasteca	Piloncillo negro	11.0-15.0	Comunicación personal;
	Piloncillo blanco	4.39	Romero Morales y col. 2011;
	Piloncillo granulado	7.92-10	SEDARH, SNIDRUS, 2015
“La comandanta”	Piloncillo granulado	100	Tienda departamental del país



**Figura 3.** Evaporación y moldeado del piloncillo. Evaporación del jugo de caña(a). Detección del punto de cristalización (b). Vaciado de la meladura (c). Granulado y tamizado del piloncillo (d). Desmonte de los moldes del piloncillo en cono (e). Almacenado del piloncillo en cono y granulado (f y g).

## CONCLUSIONES

Hoy en día, el retorno de algunos productos alimenticios considerados tradicionales para sustituir a los denominados sintéticos o procesados está tomando mucha importancia, principalmente por las enfermedades relacionadas a estos últimos. En el sector alimentario, el caso de los edulcorantes no es la excepción, siendo el piloncillo uno de los de mayor importancia al considerarse como una opción para sustituir al azúcar. Aún falta mucho por hacer, ya que los avances tecnológicos existentes por ahora no han alcanzado su implementación en todas las regiones productoras de piloncillo del país, lo cual dificulta el avance en el proceso de tecnificación y automatización al menos para los pequeños productores. Cabe destacar que todo cambio y aportación en el desarrollo científico y tecnológico mejorará las condiciones de producción de piloncillo de una manera más sustentable, facilitando el acceso a una mayor área comercial, nacional e internacional. La transferencia de innovaciones tecnológicas a los productores o asociaciones productoras de piloncillo también podría permitir mejorar la calidad del producto final y tener un avance económico en el sector, al ser un área de mercado reciente y activa para el país dentro de este mundo globalizado.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto con clave 6061.17-P.

## REFERENCIAS

- Asikin Y, Hirose N, Tamaki H, Ito S, Oku H y Wada K, 2016. Effects of different drying-solidification processes on physical properties, volatile fraction, and antioxidant activity of non-centrifugal cane brown sugar. *LWT-Food Sci Technol* 66:340-347.
- Asikin Y, Kamiya A, Mizu M, Takara K, Tamaki H y Wada K. 2014. Changes in the physicochemical characteristics, including flavour components and Maillard reaction products, of non-centrifugal cane brown sugar during storage. *Food Chem* 149:170-177.
- CONADESUCA. 2014-2015. Listado de municipios asociados a la producción de caña de azúcar. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256397/Listado\\_de\\_municipios\\_asociados\\_a\\_produccion\\_n\\_de\\_az\\_car.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256397/Listado_de_municipios_asociados_a_produccion_n_de_az_car.pdf). Consultada el día 15 de enero de 2018.
- De Maria, G. 2013. Panela: The natural nutritional sweetener. *Agro Food Industry Hi-Tech* 24(6): 44-48.
- del Moral JB. 1995. La producción piloncillera en la Huasteca potosina. *Rev Geograf Agríc* 21:89-96.
- ICUMSA (2003). ICUMSA methods book supplement 2002. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG.
- Jaffé W 2013. Azúcar no-centrifugada (panela): producción mundial y comercio. disponible en <http://www.panelamonitor.org/documents/559/azucar-no-centrifugada-panela-produccion-mundial-y/> Recuperado el 12 de enero de 2018.
- Jaffé WR. 2015. Nutritional and functional components of non centrifugal cane sugar: A compilation of the data from the analytical literature. *J Food Compos Anal* 43:194-202.
- Makoto T, Mutanda I, Yonathan A, Naoto H, Masami M, Takesi S, Hajime T y Koji W. 2016. Composition, Taste, Aroma, and Antioxidant Activity of Solidified Noncentrifugal Brown Sugars Prepared from Whole Stalk and Separated Pith of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *J Food Sci* 81(11): C1-C9.
- Marini-Zavaleta H. 2008. La fertilización fosfórica en la caña de azúcar y la producción de piloncillo. Universidad Autónoma de Chapingo. Recuperado de: <http://suelos.chapingo.mx/tesis/tesis/246.pdf>
- Moctezuma P. 2006. Los teenek productores de piloncillo de San José Peketzén, Tancanhuitz: la construcción de una identidad étnica en la huasteca potosina. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, XXVII (106), 153-182.
- Ordoñez Díaz MM y Rueda-Quininez LV. 2017. Evaluación de los impactos socioambientales asociados a la producción de panela en Santander (Colombia). *Corpoica Cienc y Tecnol Agropecu* 18:379-396.
- Payet B, Shum A, Sing C y Smadja J. 2005. Assessment of Antioxidant Activity of Cane Brown Sugars by ABTS and DPPH Radical Scavenging Assays: Determination of Their Polyphenolic and Volatile Constituents. *J Agric Food Chem* 53(26):10074-10079.
- Prada-Forero LE, García HR y Chaves A. 2014. Efectos de la presión de evaporación y la concentración de antiespumante y del uso de floculante y coadyuvante en la calidad de la miel y la panela. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu* 15:153-172.
- Prada-Forero LE, Chaves A y García HR. 2015. Efectos de la presión de evaporación y la variedad de caña en la calidad de la miel y la panela. *Corpoica Cienc y Tecnol Agropecu* 16(2):153-165.
- Romero-Morales, MA, Cruz-León A, Goytia-Jiménez MA, Sámano-Rentería MA y Baca-del-Moral J. 2011. La sustentabilidad de dos sistemas de producción de piloncillo en comunidades indígenas de la región centro de la Huasteca Potosina. *Rev Geograf Agríc* 46-47: 73-89.
- Singh J, Solomon S y Kumar D. 2013. Manufacturing Jaggery, a Product of Sugarcane, As Health Food. *Agrotechnol* 1(S11):10-12.
- Solís-Pacheco JR, Pérez-Martínez F., Orozco-Ávila I, Flores-Montaña JL, Ramírez-Romo E, Hernández-Rosales A y Aguilar-Uscanga B. 2006. Descripción de un proceso tecnificado para la elaboración de piloncillo a partir de caña de azúcar. *e-Gnosis* 4: Art. 1
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. 2017. Atlas Agroalimentario 2017. Disponible en [http://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2017/Atlas-Agroalimentario-2017](http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2017/Atlas-Agroalimentario-2017). Recuperado el 10 de enero de 2018.
- United States International Trade Commission. (2014). Harmonized Tariff Schedule of the United States. 2014. USITC Publication 4446, 1989, 1-3536. Recuperado de <http://www.usitc.gov/publications/docs/tata/hts/bychapter/1400htsa.pdf>. Consultado el 10 de noviembre de 2018.