



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DEL SUERO DE QUESO EN MÉXICO

POTENTIAL FOR THE USE OF CHEESE WHEY IN MEXICO

Osorio-González, C.S.^{1,2}; Sandoval-Salas, F.²; Hernández-Rosas, F.¹; Hidalgo-Contreras, J.V.¹;
Gómez-Merino, F.C.¹; Ávalos de la Cruz, D.A.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. ²Instituto Tecnológico Superior de Perote. Carretera Federal Perote-México km 2.5, Perote, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: davalos@colpos.mx

ABSTRACT

Cheese whey is a by-product of the transformation of milk into cheese (85% of the total milk used). The current production of this waste in the Veracruz State, Mexico is of 354,227 tons. This waste is disposed on bodies of water and soil, causing damage to the environment due to high oxygen demand that is needed to degrade the high concentrations of organic matter that it presents. This situation has generated the search for new processes for the approach of this waste. Actually, several alternatives have been proposed for your exploitation such as contemplates its use as a substrate for obtaining products with added-value as biofuels, enzymes, lipids and organic acids. The objective was to analyze different alternatives for the use of cheese whey produced in the Veracruz State, Mexico.

Key words: cheese whey, cheese production, added-value to whey.

RESUMEN

El suero de queso es un subproducto de la transformación de leche en queso (alrededor de 85% del total de leche usada). La producción actual de este residuo en el estado de Veracruz es de 354,227 toneladas y la mayor parte se desecha en cuerpos de agua, lo que provoca daño al ambiente debido a la alta demanda bioquímica y química de oxígeno que se necesita para degradar las altas concentraciones de materia orgánica que presenta. Esta situación ha generado la búsqueda de nuevos procesos para la transformación de este subproducto y se han propuesto diversas alternativas para su aprovechamiento, una de estas alternativas contempla su uso como sustrato para la obtención de productos con valor agregado como biocombustibles, enzimas, lípidos, ácidos orgánicos. El objetivo fue analizar alternativas para el aprovechamiento del suero de queso producido en el estado de Veracruz.

Palabras clave: Suero de queso, producción de queso, valor agregado al lactosuero.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 7, julio, 2018. pp: 101-106.

Recibido: febrero, 2018. **Aceptado:** junio, 2018.

INTRODUCCIÓN

El suero de leche es un subproducto poco aprovechado en México, incluso se le considera un problema ambiental potencial. El suero de queso es el residuo líquido generado en el proceso de elaboración de queso (Prudencio *et al.*, 2014), aun contiene aproximadamente 50% de los nutrientes presentes en la leche (Vázquez *et al.*, 2009). Se estima que por 1 kg de queso producido se generan de 9 a 10 litros de suero (Padin y Díaz, 2009). La producción mundial de suero de queso es alrededor de 200 millones de toneladas por año (estimado con base en la producción total de queso), de la cual Europa produce cerca del 50%, Estados Unidos de Norteamérica 3% y México 0.6% (FAOSTAT, 2017).

La industria láctea produce dos tipos de suero, comúnmente conocidos como suero dulce y suero ácido, el primero es obtenido por coagulación enzimática, el segundo se obtiene por coagulación por acidificación a través de cultivos lácticos o ácidos orgánicos. Independientemente del tipo de suero de leche que se produce, aproximadamente 50% del total de suero que se genera se desecha en cuerpos de agua o en el suelo (Aktas *et al.*, 2006), lo que provoca un severo problema ambiental, debido a la gran cantidad de materia orgánica que contiene, principalmente lactosa de 40 a 60% de los sólidos totales (Prazeres *et al.*, 2012), lo que provoca una alta demanda química de oxígeno (DQO), de 60 a 80 g L⁻¹ y una demanda bioquímica de oxígeno de 30 a 50 g L⁻¹ (Spalatelu, 2012) para llevar a cabo su degradación. La descarga continua de suero sin tratamiento previo, a los cuerpos de agua, causa un rápido consumo de oxígeno, lo que produce eutrofización, formación de jabón, salinización, generación de malos olores y acidificación, entre otros elementos (Prazeres *et al.*, 2013). Para analizar la producción y uso del suero de queso producido por la industria láctea, es necesario separarlo en dos grandes grupos, el mercado de queso

dominado por las grandes industrias, y un amplio sector en pequeña escala que elaboran quesos tradicionales y comercializan en mercados locales y regionales. El objetivo de este trabajo fue presentar un panorama del potencial aprovechamiento del suero de queso generado por propietarios o empresas rurales ubicadas en las diferentes regiones del estado de Veracruz, a fin de generar alternativas de aprovechamiento de este subproducto.

PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO

La leche es un alimento completo e indispensable para la nutrición humana, especialmente para los niños, por lo que su producción es de importancia crucial en la seguridad alimentaria de México. Con una producción en 2016 de 11.61 millones de toneladas de leche de vaca, México ocupa el decimocuarto lugar mundial, lo que representa 1.8% de la producción total, esto es, dos de cada cien litros de leche en el mundo son producidos en México (FAO, 2017).

El sector lechero mexicano desde la última década del siglo pasado, ha venido integrándose progresivamente a la economía mundial globalizada, con la consecuente apertura de sus mercados al comercio exterior (Abrego, 2011). La producción total de leche en el país ha aumentado durante la última década, en 2016 la producción fue de 1.18×10⁷ miles de litros (Figura 1a), de la que el 98.6% (1.16×10⁷ miles de litros; Figura 1b) es leche de bovino y el 1.4% restante es leche de cabra (1.6×10⁵ miles de litros; Figura 1c) (SIAP, 2016).

De la producción total de leche en el país, el estado de Veracruz contribuye con 702,832 miles de litros (Figura 2a), ocupa el sexto lugar a nivel nacional en producción de leche bovina, lo que representa el 6.2% de la producción en México. Por otro lado, el Estado ocupa el decimosegundo lugar en producción de leche de cabra con 1,963 miles de litros (Figura 2b), esta aportación es de 1.2% de la producción total del país (SIAP-SAGARPA, 2017).

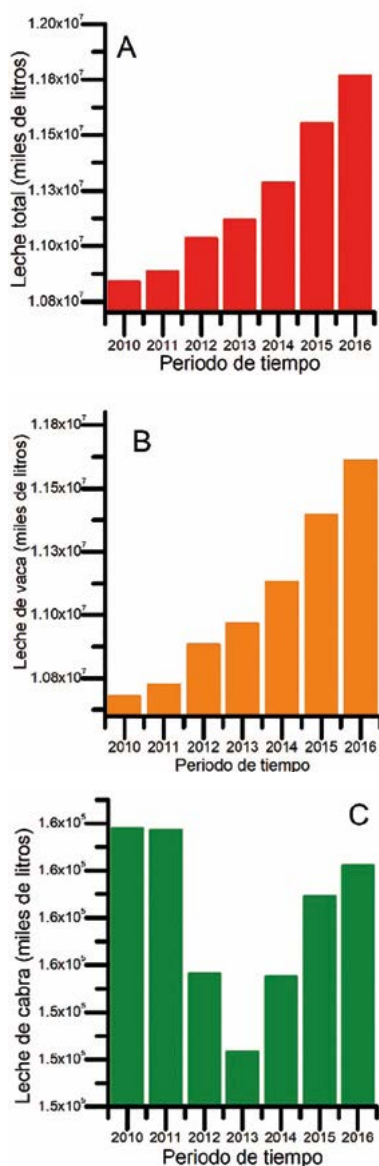


Figura 1. Producción total de leche en México en los últimos siete años. (A) Producción total nacional, (B) Bovino y (C) Caprino.

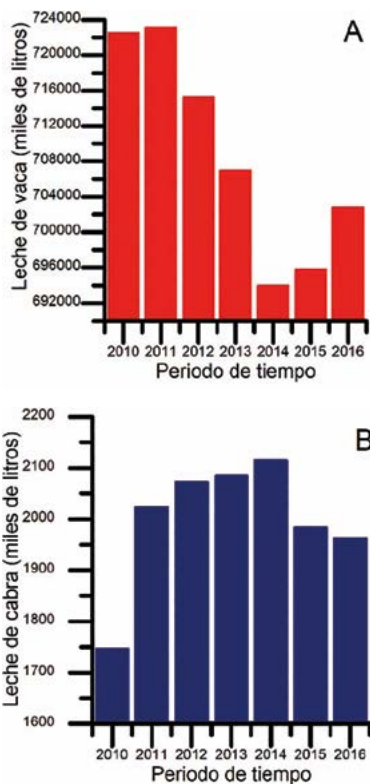


Figura 2. Producción de leche en el estado de Veracruz durante el periodo 2010 a 2016. A) Bovino y B) Caprino.

Para fortalecer el acopio de leche en cuanto a infraestructura se refiere, en el año de 2005 la SAGARPA apoyó la construcción de 16 nuevos centros de acopio, no obstante la industrialización de leche líquida es a través de empresas como Nestlé, EVAMEX y LICONSA, las cuales se localizan en diferentes municipios del Estado (Coatepec, Veracruz, Xalapa y Acayucan), en donde la materia prima es obtenida directamente con los productores (CTEE, 2009).

La producción de leche de bovino en el estado de Veracruz se concentra principalmente en diez municipios (Figura 3a), de los cuales Minatitlán es el más importante con una producción de 46,560 toneladas, resalta que esta producción se concentra en municipios ubicados en zonas tropicales; en cambio, la producción de

leche de cabra, se desarrolla en municipios ubicados en las altas montañas, cuyo clima predominante es el semiárido, el municipio de Perote es el mayor productor de leche de cabra (Figura 3b) con 222 toneladas (OEIDRUS, 2016; SIAP-SAGARPA, 2017).

PRODUCCIÓN DE QUESO EN MÉXICO

En México los productos lácteos más comercializados son los quesos, los yogures, y las leches industrializadas: pasteurizada, ultra-pasteurizada y en polvo. El abastecimiento privilegia las zonas urbanas, que cuentan con vías de comunicación accesibles y concentran grupos con niveles de ingreso más altos; en contraste, en las zonas rurales el consumo de lácteos se limita principalmente a leche bronca y productos artesanales (Figuroa-Rodríguez et al., 2012). La producción total de queso en el país es de 332,251 toneladas, se distinguen 9 tipos principales (Figura 4): fresco, panela, doble crema, amarillo, Chihuahua, crema, tipo Manchego, Oaxaca y otros (SAGARPA, 2015).

La leche de cabra tradicionalmente se utiliza en la producción de dulces (cajeta principalmente); sin embargo, durante los últimos años ha tenido un incremento la producción de queso, principalmente por pequeños productores que repre-

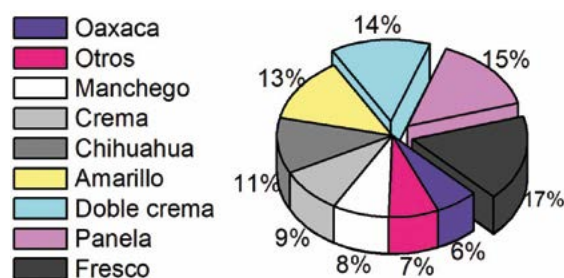


Figura 4. Producción en México de diferentes tipos de queso (SAGARPA, 2015).

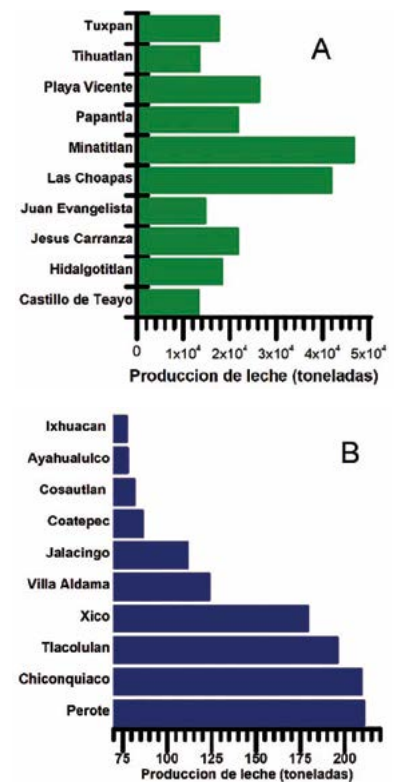


Figura 3. Principales municipios productores de leche en el estado de Veracruz. A) Bovino y B) Caprino.

sentan alrededor del 40% del sector lechero caprino (Cuchillo et al., 2010). En México, la demanda de productos lácteos provenientes de las cabras mantiene una tendencia de crecimiento, lo que ha fomentado la integración de la cadena productiva hasta la comercialización (Escareño-Sánchez et al., 2011). Según datos de la FAOSTAT (2017), la producción de queso de leche de cabra en el país durante el año 2014 fue de 15,698 toneladas.

En el estado de Veracruz los productos lácteos como el queso, están distribuidos en tres sectores principales: i) elaborados por productores, ii) elaborados por intermediarios (en ambos sectores el queso se elabora de forma artesanal utilizando equipos inadecuados que no cumplen con las normas de calidad) y



iii) elaborados por empresas que figuran dentro de este ramo en el Estado, tales como Quesos de Ozuluama[®], Jamapa[®], Rancho Chico[®] y La Joya[®]. No obstante, en el inventario estatal de agroindustrias del sector pecuario, solo están registradas 124 queserías, que representan el 54.4% de este sector (CTEE, 2009).

Producción de suero de queso en México

Hasta el momento, no existen datos en las dependencias reguladoras internacionales (FAOSTAT) o nacionales (SIAP y SAGARPA) en relación al aprovechamiento de suero de queso para la producción de algún producto con valor agregado en México. Sin embargo, desde inicios del siglo XX, en el país se han desarrollado diferentes investigaciones referentes al proceso y aprovechamiento del suero de queso, los principales trabajos se refieren a la producción de bebidas saborizadas, ácidos orgánicos o como suplemento alimenticio.

Producción de suero de queso en el estado de Veracruz

De acuerdo a Montero-Lagunés *et al.* (2009), en México las queserías artesanales procesan de 2000 a 10000 litros de leche; en Veracruz el 56% de la producción de leche se usa para producir quesos (393,595 miles de litros de leche de bovino y 1099 miles de litros de leche de cabra), si se toma en cuenta que por cada kilo de queso producido se utilizan de 9 a 10 litros de leche y por cada kilogramo de queso se producen de 8 a 9 litros de suero (Remón *et al.*, 2016), en 2016 la producción de suero por el procesamiento de leche bovina en el Estado fue de 354,227 miles de litros y de 989 miles de litros de suero de la producción de queso de leche de cabra.

Si consideramos que al menos 45% del suero es desechado a mantos acuíferos o al suelo, lo anterior representa una pérdida económica significativa y provoca serios problemas de contaminación (eutrofización, acidificación o alcalinización del suelo). Esto se debe principalmente a que los productores de mediana y baja escala no cuentan con la tecnología necesaria para el aprovechamiento de este subproducto, ya que, debido a su alto contenido de humedad y composición, así como a las condiciones de clima de la región, se aceleran los procesos de descomposición y se dificulta su manejo y almacenamiento.

Usos potenciales del suero de queso

Producción de biomasa microbiana

Existe una demanda constante de producción de pro-

teína dado que es insuficiente para la alimentación de la población. Una alternativa de solución a esta deficiencia es la producción de biomasa (rica en proteína) a través de procesos de fermentación. Estos procesos pueden usar como sustrato suero de queso con diferentes tipos de microorganismos. La proteína unicelular, se puede utilizar para diferentes propósitos, por ejemplo, como suplemento proteico en alimentos balanceados para ganado o en alimentos para consumo humano (Aguirre-Ezkauriatza *et al.*, 2009; Wolz *et al.*, 2016).

Obtención de lactosa

El compuesto de mayor importancia en el suero de queso es la lactosa (4.4 al 5.2%). Este carbohidrato se puede utilizar en diversas aplicaciones, tales como suplemento en fórmulas lácteas para bebés, en la industria de los alimentos o en la producción de glucosa y galactosa por hidrólisis. La lactosa es importante en la industria de los alimentos y la industria farmacéutica debido a que presenta un bajo índice glicémico y calórico en comparación con otros azúcares. Este compuesto se puede obtener por medio de diferentes operaciones, dentro de las que destacan la concentración por evaporación, la cristalización y la filtración (Xinmin *et al.*, 2008).

Extracción y producción de metabolitos secundarios

El suero de queso tiene gran potencial como sustrato para la obtención de compuestos benéficos para la salud, como los aminoácidos, los cuales están presentes en las proteínas del suero de queso. Los aminoácidos presentes son de cadena ramificada como leucina, valina e isoleucina, dentro de sus funciones en el organismo son reguladores del metabolismo celular y se consideran importantes para el control de peso corporal, lo que ofrece una posibilidad de extender beneficios sobre la salud de los consumidores (Goulart *et al.*, 2014). Otros metabolitos obtenidos son las bacteriocinas, las cuales se obtienen a partir de procesos fermentativos usando diferentes bacterias ácido lácticas (BAL). La principal característica de estos compuestos es que actúan contra microorganismos patógenos presentes en los alimentos (Altuntas *et al.*, 2010). Por otro lado, a partir del suero de queso también se pueden producir exopolisacáridos, los cuales brindan diferentes cualidades y funciones en los alimentos, ya que intervienen directamente en sus propiedades reológicas como agentes emulsificantes o gelificantes. Adicionalmente, tienen efectos benéficos en la producción de alimentos gracias a la relación que existe entre estos

compuestos y la protección que brindan contra ciertos compuestos tóxicos (Zhou *et al.*, 2014; Haj-Mustafa *et al.*, 2015).

Producción de ácidos orgánicos por fermentación

Un uso industrial importante que se le puede dar al suero de queso es como sustrato para la producción de ácidos orgánicos como el cítrico y el láctico, los cuales se obtienen a partir de la fermentación de lactosa mediante bacterias lácticas. Diversas industrias como la alimentaria, de bebidas, farmacéutica y cosmética, los ocupan dentro de sus procesos de transformación, debido a que actúan como conservadores, acidificantes, estabilizadores y potenciadores del sabor (Cortés-Sánchez *et al.*, 2015; Arslan *et al.*, 2016).

Uso de microorganismos para la producción de aceites

Hay diferentes especies de microorganismos capaces de acumular más del 20% de su peso celular en lípidos. Algunos de estos microorganismos producen una cantidad mayor de lípidos que ciertos cultivos oleaginosos, que a diferencia de estos, no requieren de grandes espacios y se pueden producir en tiempos más cortos sin ser afectados por las condiciones climáticas. La producción de lípidos a través de microorganismos, usando como sustrato suero de queso, es una alternativa prometedora para la obtención de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales pueden ser utilizados como aditivos alimentarios o como materia prima para la producción de biodiesel (Castanha *et al.*, 2014; Tsouko *et al.*, 2016).

Biocombustibles

La producción de bioetanol se considera una alternativa energética que contribuye a la reducción de impactos ambientales negativos, provocados por el uso de combustibles fósiles. La conversión de lactosa proveniente del suero de queso crudo o suero de queso permeado a etanol, es una opción que puede competir con el uso de otros sustratos utilizados actualmente (caña de azúcar y almidón de maíz) o con la biomasa lignocelulósica (tecnología de segunda generación). Al ser un residuo de un proceso agroalimentario, el suero de queso tiene una amplia ventaja sobre las materias primas comúnmente utilizadas para la producción de etanol, consideradas de primera necesidad, debido a que no compromete la seguridad alimentaria. Por otra parte, el etanol potable obtenido a partir de suero de queso, puede encontrar mercados adecuados, por ejemplo, en la industria de procesos químicos, automotriz, de cosméticos, alimen-

tos, bebidas, y en la farmacéutica (Demirbas, 2010; Parashar *et al.*, 2015).

La producción de biogás e hidrógeno se realiza a través de procesos químicos muy costosos, por lo que el proceso de producción biológico de ambos gases es una opción viable para resolver esa limitación, como se producen a partir de fuentes renovables se tiene un impacto positivo sobre el medio ambiente, ya que la producción neta de gases de efecto invernadero que se generan durante su combustión es menor en comparación con la originada por el hidrógeno obtenido de materias primas fósiles.

La principal variable a considerar en la producción biológica de hidrógeno o biogás es el costo de la materia prima, contenido de carbohidratos, biodegradabilidad y su disponibilidad en el mercado. Entre las materias primas más utilizadas para la producción de biogás están las aguas residuales provenientes de la agroindustria, el suero de queso y estiércol líquido de bovino (Dareioti y Kornaros 2015; Zhong *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Debido a su alto contenido de nutrientes el suero de queso es una fuente potencial para la obtención de productos con alto valor agregado; así también, mediante el aprovechamiento de este recurso se contribuye a la disminución de la contaminación ambiental. Aunque se han desarrollado diversas alternativas tecnológicas para el procesamiento y aprovechamiento del suero de queso, se requiere de investigaciones complementarias que permitan obtener mayores rendimientos para que sea factible el escalamiento industrial de los procesos.

Finalmente, estas tecnologías y productos pueden ser una ruta de desarrollo sustentable para la preservación del ambiente en un futuro cercano. No obstante, los desarrollos tecnológicos, el uso y disposición del suero de queso sigue siendo un punto de discusión importante para la industria láctea.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, al Instituto Tecnológico Superior de Perote T.N.M., al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, a la Red Temática 12.3, para reducir y valorizar las PDA: Hacia Sistemas Alimentarios Sostenibles, por brindar las condiciones para el desarrollo de este trabajo. Este documento forma parte del proyecto ITESPE06-LÍPIDOS y de la LGAC 2 Innovación y Desarrollo de Procesos Agroalimentarios para el Bienestar Social.



LITERATURA CITADA

- Abrego C.H. 2011. El sistema familiar de producción de leche bovina en el municipio de Nopalucan, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. 97 p.
- Aguirre-Ezkauriatza E.J., Ramírez-Medrano A., Aguilar-Yáñez J.M., Álvarez M.M. 2009. Production of freeze dried protein and *Lactobacillus casei* probiotic biomass from goat milk whey. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 8 (2): 67-76.
- Aktaş N., Boyacı İ.H., Mutlu M., Tanyolaç A. 2006. Optimization of lactose utilization in deproteinated whey by *Kluyveromyces marxianus* using response surface methodology (RSM). *Bioresource Technology* 97: 2252-2259.
- Altuntas E.G., Cosansu S., Ayhan K. 2010. Some growth parameters and antimicrobial activity of a bacteriocin-producing strain *Pediococcus acidilactici* 13. *International Journal of Food Microbiology* 141: 28-31.
- Arslan N.P., Aydogan M.N., Taskin M. 2016. Citric acid production from partly deproteinized whey under non-sterile culture conditions using immobilized cells of lactose-positive and cold-adapted *Yarrowia lipolytica* B9. *Journal of Biotechnology* 231: 32-39.
- Castanha R.F., Pinto A.M., Salgado L.A.M., Scramin S., Rosim R.T.M. 2014. Optimization of lipids production by *Cryptococcus laurentii* 11 using cheese whey with molasses. *Brazilian Journal of Microbiology* 45 (2): 379-387.
- Comité Técnico Estatal de Evaluación (CTEE). 2009. Diagnóstico del sector primario en Veracruz. 109 p. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones>
- Cortés-Sánchez A., Valle-González E.R., Salazar-Flores R.D., Ashutosh S. 2015. Biotechnological alternatives for the utilization of dairy industry waste products. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 6: 223-235.
- Cuchillo H.M., Delgadillo P.C., Wrage N., Perez-Gil R.F. 2010. Feeding goats on scrubby Mexican rangeland and pasteurization: influences on milk and artisan cheese quality. *Tropical Animal Health Production* 42: 1127-1134.
- Dareioti M.A., Kornaros M. 2015. Anaerobic mesophilic co-digestion of ensiled sorghum, cheese whey and liquid cow manure in a two-stage CSTR system: Effect of hydraulic retention time. *Bioresource Technology* 175: 553-562.
- Demirbas A., 2010. Biorefinery Technologies for Biomass Upgrading. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 32: 1547-1558.
- Escareño-Sánchez L.M., Wurzing M., Pastor-López F., Salinas H., Sölkner J., Iñiguez L. 2011. La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la comarca lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente XVII*: 235-246.
- FAOSTAT. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Figuerola-Rodríguez K.A., Figuerola-Sandoval B., Hernández-Rosas F. 2012. Estudio exploratorio del nivel de producción e inocuidad en empresas lácteas del Estado de Veracruz, México. *Revista Científica, FCV-LUZ* 22 (5): 451-458.
- Goulart A.J., Bassan J.C., Barbosa O.A., Marques D.P., Silveira C.B., Santos A.F., Garrido S.S., Resende F.A., Contiero J., Monti R. 2014. Transport of amino acids from milk whey by CaCo-2 cell monolayer after hydrolytic action of gastrointestinal enzymes. *Food Research International* 63: 62-70.
- Haj-Mustafa M., Abdi R., Sheikh-Zeinoddin M., Soleimani-Zad S. 2015. Statistical study on fermentation conditions in the optimization of exopolysaccharide production by *Lactobacillus rhamnosus* 519 in skimmed milk base media. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 4: 521-527.
- Montero-Lagunes M., Juárez-Lagunes F.I., García-Galindo H.S. 2009. Fermented whey with lactobacilli for calf feeding in the tropics. *Agrociencia* 43 (6): 585-593.
- OEIDRUS. 2016. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Disponible en <http://www.oeidrus-veracruz.gob.mx/>
- Padín C.G., Díaz M.F. 2009. Fermentación alcohólica del lactosuero por *Kluyveromyces marxianus* y solventes orgánicos como extractantes. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 29: 110-116.
- Parashar A., Jin Y., Mason B., Chae M., Bressler D.C. 2015. Incorporation of whey permeate, a dairy effluent, in ethanol fermentation to provide a zero waste solution for the dairy industry. *Journal Dairy Science* 99: 1-9.
- Prazeres A.R., Carvalho F., Rivas J. 2013. Fenton-like application to pretreated cheese whey wastewater. *Journal of Environmental Management* 129: 199-205.
- Prazeres A.R., Carvalho F., Rivas J. 2012. Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management* 110: 48-68.
- Prudêncio E.S., Müller C.M.O., Fritzen-Freire C.B., Amboni R.D.M.C., Petrus J.C.C. 2014. Effect of whey nanofiltration process combined with diafiltration on the rheological and physicochemical properties of ricotta cheese. *Food Research International* 56: 92-99.
- Remón J., Ruiz J., Oliva M., García L., Arauzo J. 2016. Cheese whey valorisation: Production of valuable gaseous and liquid chemicals from lactose by aqueous phase reforming. *Energy Conversion and Management* 124: 453-469.
- SAGARPA. 2015. Panorama de la lechería en México. Boletín informativo. 15 p. Disponible en <https://www.gob.mx/sagarpa>
- SIAP. 2016. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en <http://www.gob.mx/siap>
- Spalatel C. 2012. Biotechnological valorisation of whey. *Innovative Romanian Food Biotechnology* 10: 1-8.
- Tsouko E., Papanikolaou S., Koutinas A.A. 2016. Production of fuels from microbial oil using oleaginous microorganisms: Handbook of Biofuels Production. Ed. Elsevier Ltd. United Kingdom. 748 p.
- Vázquez S., Crosa M.J., Rey F., Lopretti M. 2009. Viabilidad del uso de suero de quesería como base del medio de cultivo de la cepa nativa probiótica *Lactobacillus paracasei* HA9-2. *Revista LATU* 4: 10-14.
- Wolz M., Mersh E., Kulozik U. 2016. Thermal aggregation of whey proteins under shear stress. *Food Hydrocolloids* 56: 396-404.
- Xinmin W., Ruili Z., Zhihua L., Yuanhong W., Tingfu J. 2008. Determination of glucosamine and lactose in milk-based formulae by high-performance liquid chromatography. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 225-258.
- Zhong J., Stevens D.K., Hansen C.L. 2015. Optimization of anaerobic hydrogen and methane production from dairy processing waste using a two-stage digestion in induced bed reactors (IBR). *International Journal of Hydrogen Energy* 40: 15470-15476.
- Zhou F., Wu Z., Chen C., Han J., Ai L., Guo B. 2014. Exopolysaccharides produced by *Rhizobium radiobacter* S10 in whey and their rheological properties. *Food Hydrocolloids* 36: 362-368.