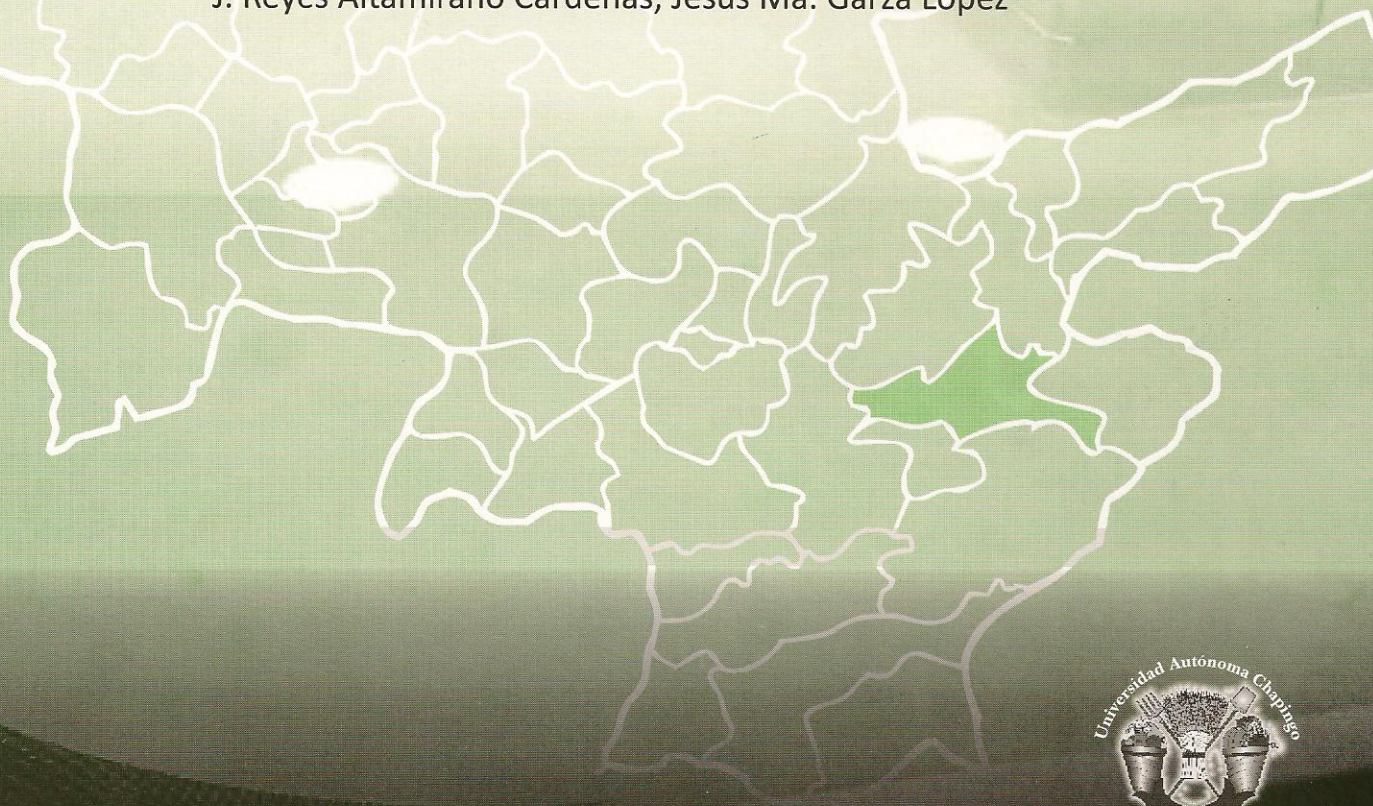


*Serie "Reportes de Investigación"*

## Alternativas a la problemática ocasionada por lactosueros en el Valle de Tulancingo, Hidalgo

Antonio Gómez Alcántara, Fernando Cervantes Escoto,  
J. Reyes Altamirano Cárdenas, Jesús Ma. Garza López



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



"Enseñar la explotación de  
la tierra no la del hombre"

Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas  
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES  
Y TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL  
(CIESTAAM)

**DIRECTORIO DE LA UACH**

Dr. Aureliano Peña Lomelí  
RECTOR  
Dr. Marcos Portillo Vázquez  
DIRECTOR GENERAL ACADÉMICO  
Dr. Héctor Lozoya Saldaña  
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
M.I. Martín Soto Escobar  
DIRECTOR GENERAL DE DIFUSIÓN CULTURAL Y SERVICIO  
Dr. Jesús Ma. Garza López  
DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN  
M.C. Ignacio Miranda Velázquez  
DIRECTOR GENERAL DE PATRONATO UNIVERSITARIO  
Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas  
DIRECTOR DEL CIESTAAM  
M.C. Ofelia Hernández Ordoñez  
SUBDIRECTORA DE DIFUSIÓN CULTURAL Y SERVICIO-DGDCyS

**ALTERNATIVAS A LA PROBLEMÁTICA OCASIONADA  
POR LACTOSUEROS EN EL VALLE DE TULANCINGO, HIDALGO**

Antonio Gómez Alcántara<sup>1</sup>, Fernando Cervantes Escoto,  
J. Reyes Altamirano Cárdenas, Jesús Ma. Garza López<sup>2</sup>

Comité Editorial  
*Ignacio Covarrubias Gutiérrez*  
*Manrubbio Muñoz Rodríguez*  
*Jorge G. Ocampo Ledesma*

Primera edición en español, diciembre 2009

ISBN: 978-607-12-0099-0

© Universidad Autónoma Chapingo  
km. 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Chapingo, Estado de México.  
Centro de Investigaciones Económicas,<sup>3</sup>Sociales y Tecnológicas  
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)  
[www.chapingo.mx/ciestaam/](http://www.chapingo.mx/ciestaam/)

Edición de la Oficina Editorial del CIESTAAM

Derechos reservados conforme a la ley.  
Impreso en México.

<sup>1</sup> Doctorando, Programa de Doctorado en Problemas Económico-Agroindustriales del CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo.

<sup>2</sup> Profesores-Investigadores del Programa de Doctorado en Problemas Económico-Agroindustriales del CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo.



ALTERNATIVAS A LA PROBLEMÁTICA  
OCASIONADA POR LACTOSUEROS  
EN EL VALLE DE TULANCINGO, HIDALGO

# Reporte de Investigación

# 87

## ALTERNATIVAS A LA PROBLEMÁTICA OCASIONADA POR LACTOSUEROS EN EL VALLE DE TULANCINGO, HIDALGO

Antonio Gómez Alcántara  
Fernando Cervantes Escoto  
J. Reyes Altamirano Cárdenas  
Jesús Ma. Garza López



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
Centro de Investigaciones Económicas, Sociales  
y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura  
Mundial (CIESTAAM)

Diciembre, 2009



## **CONTENIDO**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>II. PROBLEMÁTICA</b>	<b>10</b>
<b>III. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>13</b>
<b>IV. METODOLOGÍA</b>	<b>13</b>
<b>V. DESCRIPCIÓN DE LAS EMPRESAS QUESERAS DEL VALLE</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Cuantificación del impacto</b>	<b>16</b>
<b>VI. ALTERNATIVAS PARA DARLE VALOR AGREGADO AL LACTOSUERO DE QUESERÍA</b>	<b>16</b>
<b>6.1 Elaboración de bebidas para infantes a base de lactosuero</b>	<b>18</b>
<b>6.2 Venta de lactosuero líquido, fresco y frío</b>	<b>20</b>
<b>6.3 Deshidratación del lactosuero</b>	<b>21</b>
<b>6.4 Uso del lactosuero en la alimentación animal</b>	<b>26</b>
<b>6.5 Uso de lactosuero en productos para panificación</b>	<b>27</b>
<b>6.6 Uso de lactosuero como sustituto de fertilizante en tierras para pastura</b>	<b>27</b>
<b>6.7 Otros usos del lactosuero</b>	<b>27</b>
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>28</b>
<b>VIII. FUENTES CONSULTADAS</b>	<b>30</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El impacto más importante de las industrias agroalimentarias sobre el medio ambiente es la contaminación generada por residuos. Por lo tanto, la gestión de los mismos se convierte en el aspecto más relevante de la problemática ambiental actual de estas empresas.

El sector agroalimentario es considerado por la legislación ambiental como un sector contaminante, no tanto por la peligrosidad de sus residuos, sino por la cantidad que genera.

Las industrias queseras son consideradas entre las más contaminantes, por lo que deberán realizar, a corto plazo, un control integrado de la contaminación, informar de las emisiones, adaptarse a las condiciones ambientales, entre otras acciones, dentro del modelo de desarrollo sostenible que se pretende implantar a escala mundial (IDC, 2005).

El objetivo de este estudio es el planteamiento de alternativas a la problemática ambiental ocasionada por lactosueros en el Valle de Tulancingo, Hidalgo, con el propósito de contribuir al fortalecimiento de la eficiencia productiva, así como prevenir y minimizar los efectos ambientales de las empresas industrializadoras de queso en la región y de esta manera aumentar su competitividad y presencia en el mercado.

La necesidad de alcanzar una serie de acciones que permitan conseguir una actividad industrial en línea con el medio y la seguridad alimentaria implica establecer actividades que solventen los problemas medioambientales descubiertos, para llegar a un desarrollo sostenible a mediano y largo plazos, y mejorar la calidad de vida de la población sin poner en riesgo los valores naturales ni los patrimonios culturales.

En el Valle de Tulancingo se realiza una intensa actividad agroindustrial referida al procesamiento de leche, lo que contribuye al desarrollo económico de la zona, industrializándose diariamente alrededor de 546,700 litros de leche de vaca para la elaboración de queso y otros productos lácteos; asimismo se estima la producción de medio millón de litros diarios de suero lácteo, según diversas fuentes (CEL, 2007).

De la totalidad del lactosuero generado se considera que un cierto porcentaje es utilizado para la alimentación animal; no obstante, la cifra del que es desechado está infravalorada, una parte es vertida al drenaje y otra gran cantidad se vierte a ríos y zanjas de la región, provocando así una gran contaminación no solo del suelo, sino del aire; además, se crean focos de contaminación debido a que el lactosuero propicia el desarrollo de innumerables grupos de bacterias patógenas entéricas y favorece la presencia de fauna nociva.

El lactosuero es un subproducto que se genera en grandes cantidades, y la mayor parte de la industria no le da ninguna utilidad, por lo cual es vertido a las aguas residuales.

De acuerdo con la NOM-035-SSA1-1993, el suero se define como el líquido obtenido de la coagulación de la caseína de la leche, mediante la acción de enzimas coagulantes de origen animal, vegetal o microbiano, por la acidificación de la leche, tras la separación de la caseína y de la mayor parte de la grasa, se considera un subproducto obtenido en la elaboración de quesos, es un líquido amarillento y opalescente.

El suero representa del 85 al 95% del volumen de leche usado en la fabricación de queso, y contiene la mayor parte de los compuestos solubles y una pequeña parte de los insolubles, lo que representa aproximadamente la mitad de los sólidos totales presentes en la leche (Campos *et al.*, 2007).

La industria láctea juega un papel muy importante en la producción de alimentos a nivel mundial, el queso es el producto más representativo de la misma, tan solo en el 2007 se produjeron 14.5 millones de toneladas. Siendo los principales países productores la Unión Europea con 6.87 millones de toneladas y Estados Unidos, con una producción anual de 4.4 millones de toneladas. En el mismo año, en México se produjeron 154,200 toneladas (SIAP-SAGARPA, 2007). Para el caso específico del Valle de Tulancingo, Hidalgo en el mismo periodo se produjeron 19,965 toneladas (CEL, 2007), lo que representa el 12.95% de la producción nacional.

Torres (1999), indica que por cada kilogramo de queso se producen nueve litros de lactosuero; asimismo, hace referencia que en países altamente industrializados como Holanda y Dinamarca se procesa el 100% de la producción de lactosuero, mientras que en México son pocas las empresas que lo procesan.

## **II. PROBLEMÁTICA**

El sector agroalimentario requiere estructuras de producción flexibles para adecuarse a los continuos cambios y, en especial, dadas las crecientes exigencias de mercado, impulsar la adopción de nuevos conceptos de calidad en línea con la búsqueda de ventajas competitivas. Bajo este marco, y dentro del segmento del sector agroalimenticio, la secuencia de aplicación de normas se fundamenta en asegurar las condiciones higiénico-sanitarias y la inocuidad de los alimentos y, posteriormente la gestión de la calidad ambiental; en particular las Buenas prácticas de manufactura (BPM), la implementación del Sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP), la aplicación de los sistemas de administración de la calidad (ISO 9000) y el sistema de gestión ambiental (ISO 14000).

El principal problema medioambiental generado durante el proceso de elaboración de queso es resultado de la gran cantidad de lactosuero (subproducto de la elaboración del queso) y agua de proceso y lavado industrial que se desechan.

Para comparar el impacto que ocasiona una industria sobre el medio ambiente se ha desarrollado el concepto de población equivalente, el cual relaciona el impacto ambiental de una industria con la carga contaminante de los desechos cloacales de una población de determinado número de habitantes. Una industria láctea sin fabricación de queso produce una descarga de efluentes por metro cúbico de leche equivalente a una población de entre 30 y 80 habitantes, mientras que una industria láctea con quesería produce una descarga de efluentes equivalente a 100-250 habitantes. En particular, la fabricación de productos lácteos está identificada como de mediano impacto ambiental.

Durante el proceso de fabricación de queso se utiliza gran cantidad de leche, obteniéndose al mismo tiempo, y como subproducto, una alta cantidad de lactosuero. En la pequeña y mediana industria quesera el lactosuero no es utilizado en forma eficiente y en algunos casos es desechado como residuo.

La producción y procesamiento de leche para la elaboración de quesos en el Valle de Tulancingo es una actividad que contribuye de manera importante al desarrollo económico y social de la región y del estado de Hidalgo, sin embargo, también genera un alto impacto al ambiente.

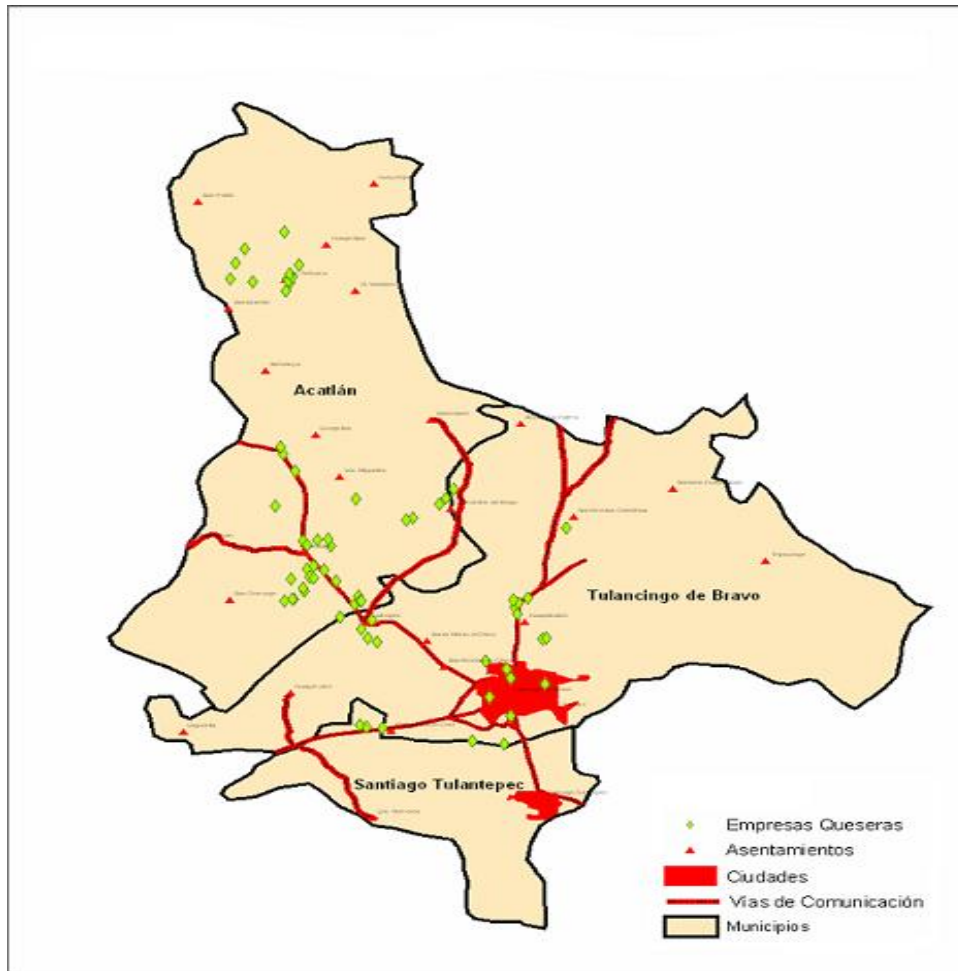
Del total de suero generado (aproximadamente 492,030 litros/día) se estima que 28% es utilizado para alimentación animal y 72% se vierte al drenaje, a los ríos y zanjas de la región, provocando daños a los ecosistemas (acuático y terrestre). Lo anterior ha dado como consecuencia la proliferación de malezas acuáticas, mortandad de flora y fauna, contaminación de sitios o cuerpos de agua alterando su pH debido a las grasas y compuestos químicos, y ha ocasionado problemas de salud pública generando malos olores y enfermedades propiciadas por la presencia de fauna nociva (COEDE, 2007).

La distribución de las empresas queseras del Valle de Tulancingo es dispersa; sin embargo, se observan cuatro concentraciones importantes. El municipio de Acatlán cuenta con las dos más grandes, la primera se ubica en las cercanías de la cabecera municipal y agrupa 16 queserías, y la segunda se localiza en La Peñuela, con 12 establecimientos. De las otras dos, una se encuentra en los límites de Acatlán y Tulancingo, en las cercanías de la carretera Tulancingo-Acatlán, y la última se establece en la zona de Huapalcalco, en el municipio de Tulancingo (Figura 1).

En la región se generan aproximadamente 492,030 litros diarios de lactosuero; 61% proviene de las empresas queseras de Acatlán, 29% de las de Tulancingo, y 10% de las de Santiago Tulantepec y Cuautepéc.



Figura 1. Localización geográfica de las empresas queseras



Fuente: Consejo Estatal de Ecología (COEDE). Hidalgo, 2007.

De acuerdo con el Censo de Productores Lácteos existen 75 empresas queseras, de las cuales siete producen 40% del lactosuero (más de 15,000 litros cada una); otras 28 producen 50% (entre 5,100 y 15,000 cada una) y las restantes 40 empresas producen 10% (menos de 5,100 cada una).

Aproximadamente 28% del lactosuero es reutilizado en la engorda de ganado bovino y porcino y para la fabricación de requesón. El otro 72% es vertido sin tratar al drenaje municipal y arroyos locales o directamente al suelo, generando contaminación por su alto contenido en sólidos sedimentables y suspendidos, además de que favorece la presencia de fauna nociva (COEDE, 2007).

### III. OBJETIVO GENERAL

Plantear alternativas para la utilización del lactosuero en el Valle de Tulancingo, Hidalgo, con el propósito de contribuir al fortalecimiento de la productividad, así como la de prevenir y minimizar los efectos ambientales de las empresas industrializadoras de queso en la región.

### IV. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en el Valle de Tulancingo, Hidalgo, el cual está conformado por los municipios de Acatlán, Acaxochitlán, Almoloya, Apan, Atotonilco el Grande, Cuauhtepic de Hinojosa, Huasca de Ocampo, Metepec, Santiago Tulantepec, Singuilucan y Tulancingo. El estudio abarcó 75 empresas queseras localizadas en el valle. Se efectuó un análisis documental de la situación actual de la industria quesera, dándole mayor énfasis al nivel regional, enfocándose en el aspecto del impacto ambiental que genera la industria quesera del Valle de Tulancingo, Hidalgo.

Se realizaron entrevistas con informantes clave en los tres niveles de gobierno y en la universidad del estado. A nivel federal se acudió a las Delegaciones federales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, (SAGARPA) del Distrito de Desarrollo Rural 003 Tulancingo, Hidalgo; también se recurrió a la Coordinación de Fomento y Protección Agropecuaria. En el caso de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se hizo a través de la Delegación Federal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

A nivel estatal, se efectuaron en la Secretaría de Agricultura del estado de Hidalgo (SAHEM); esto mediante la Dirección General de Ganadería, y del Comité Estatal de Leche (CEL). En la Secretaría de Obras Públicas, Comunicaciones, Transportes y Asentamientos, los entrevistados fueron contactados con la colaboración del Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo y de la Subdirección de Proyectos Especiales.

A nivel municipal, las entrevistas se efectuaron en Tulancingo de Bravo, con la ayuda de la Secretaría de Desarrollo Rural, la Subdirección de Desarrollo Rural y la Coordinación de Fomento Económico; en el Municipio de Acatlán, colaboraron la Secretaría General de Gobierno y la Dirección de Desarrollo Agropecuario. Finalmente, en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se entrevistó a profesores e investigadores del Rancho Universitario, y a otros de la misma universidad.

De igual manera, durante el periodo de mayo a diciembre del 2007, se llevó a cabo el levantamiento de la información con respecto a la cantidad de leche procesada y volumen de lactosuero generado por las 75 empresas queseras.

Para efectos del presente estudio se retomó la clasificación de empresas queseras propuesta para la región por Cuevas *et al.* (2007), con base en volumen de procesamiento,



así las mismas se clasificaron en: a) industrias pequeñas, aquellas que procesan hasta 3,000 litros de leche por día; b) industrias medianas, entre 3,001 y 9,000 litros por día; c) industrias grandes, con más de 9,000 litros de leche por día.

Para conocer el volumen de queso producido por día, así como las cantidades de lactosuero y agua de proceso y lavado industrial, se tomó en consideración la información obtenida a partir de los informantes clave, además de los datos proporcionados por los dueños de las empresas queseras. El análisis de la información permitió conocer que por cada 10 litros de leche que ingresan al sistema se produce, un kilogramo de queso, entre ocho y 9.5 litros de lactosuero y entre dos y cinco litros de agua de proceso y lavado industrial.

## V. DESCRIPCIÓN DE LAS EMPRESAS QUESERAS DEL VALLE

A continuación se describen las queserías de la región en cuanto a leche procesada, volumen de queso producido, y lactosuero generado.

**Cuadro 1. Número de empresas queseras en el Valle de Tulancingo, Hidalgo, por volumen de procesamiento de leche/día en 2007**

Rango de volumen (litros/día)	Número de empresas	%	Volumen de leche procesada (litros/día)	%	Tipo de empresa
1 a 1000	19	25.3	13,600	2.4	Pequeña
1001 a 2000	10	13.3	17,100	3.1	Pequeña
2001 a 3000	10	13.3	29,000	5.3	Pequeña
3001 a 4000	5	6.7	20,000	3.6	Mediana
4001 a 9000	11	14.7	76,000	13.9	Mediana
9001 a 15000	12	16.0	152,000	27.8	Grande
> 15001	8	10.7	239,000	43.7	Grande
Totales	75	100.0	546,700	100.0	

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 1, se observa que en el Valle de Tulancingo, Hidalgo se procesan diariamente 546,700 litros de leche por 75 empresas. Realizando un procesamiento anual en 2007 de 199.5 millones de litros de leche. De este total, se puede apreciar que 10.8% del volumen de leche (59,700 litros), es procesado por 39 de las empresas de la región (51.9%) que están dentro de la categoría de pequeñas.

Asimismo, el 17.5% del volumen de leche (96,000 litros) es procesado por 16 de las empresas de la región (21.4%), que se ubican en la categoría de medianas. De igual manera, 71.5% de la leche (391,000 litros) es procesado por 20 empresas de la región (26.7%) que son consideradas como empresas grandes.

**Cuadro 2. Número de empresas queseras en el Valle de Tulancingo, Hidalgo, por volumen de queso producido por día en 2007**

Rango de volumen (L/día)	Número de empresas	Volumen de leche procesada (L/día)	Rendimiento de queso (kg/L de leche)	Queso producido (kg/día)	%	Tipo de empresa
1 a 1000	19	13,600	0.100	1,360	2.49	Pequeña
1001 a 2000	10	17,100	0.100	1,710	3.13	Pequeña
2001 a 3000	10	29,000	0.100	2,900	5.30	Pequeña
3001 a 4000	5	20,000	0.100	2,000	3.66	Mediana
4001 a 9000	11	76,000	0.100	7,600	13.90	Mediana
9001 a 15000	12	152,000	0.100	15,200	27.80	Grande
> 15001	8	239,000	0.100	23,900	43.72	Grande
Totales	75	546,700		54,670	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 2 se puede apreciar que 10.92% del volumen de queso producido por día (5,970 kilogramos) es industrializado por 39 empresas pequeñas de la región (51.9%). Asimismo, 17.56% de la producción diaria (9,600 kilogramos) es industrializado por 16 empresas medianas (21.4%). El 71.52% restante (39,100 kilogramos) lo industrializan 20 empresas (26.7%) clasificadas en la categoría de grandes.

La información referida a rendimientos fue proporcionada por los queseros, quienes indicaron como promedio de rendimiento la relación queso/leche de 0.1 kg/L.

De lo anterior se puede ofrecer que en el Valle de Tulancingo, se producen diariamente 54,670 kilogramos de queso por 75 empresas. Lo que representa una industrialización anual de alrededor de 19,965 toneladas, mismas que representan aproximadamente el 12.95% de la producción nacional.

**Cuadro 3. Número de empresas queseras en el Valle de Tulancingo, Hidalgo, por volumen de lactosuero producido, con un rendimiento aproximado de 0.900 litros/litro de leche procesada**

Rango de volumen (L/día)	Número de empresas	Volumen de leche procesada (L/día)	Rendimiento lactosuero (L/L de leche)	Volumen de lactosuero (L/día)	%	Tipo de empresa
1 a 1000	19	13,600	0.900	12,240	2.49	Pequeña
1001 a 2000	10	17,100	0.900	15,390	3.13	Pequeña
2001 a 3000	10	29,000	0.900	26,100	5.30	Pequeña
3001 a 4000	5	20,000	0.900	18,000	3.66	Mediana
4001 a 9000	11	76,000	0.900	68,400	13.90	Mediana
9001 a 15000	12	152,000	0.900	136,800	27.80	Grande
> 15001	8	239,000	0.900	215,100	43.72	Grande
Totales	75	546,700		492,030	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Según el Cuadro 3, aproximadamente el 10.92% del volumen de lactosuero producido por día (53,730 litros) sería generado por 39 empresas pequeñas de la región



51.9%); asimismo otro 17.56% (86,400 litros) lo producirían 16 empresas (21.4%) de la categoría medianas. Finalmente, el restante 71.52% (351,900 litros diarios) sería aportado por 20 de las empresas (26.7%) clasificadas dentro de la categoría de grandes.

## 5.1 Cuantificación del impacto

Con la información anterior se puede estimar que en el Valle se producen alrededor de 492,030 litros/día de lactosuero; 14,760,900 litros/mes, y 177,130,800 litros de lactosuero/año.

Tomando en consideración un promedio de 3.5 litros de agua de proceso y lavado industrial por cada 10 litros de leche industrializada, se tiene:

Total de litros de leche procesada por día: 546,700

Total de litros de agua de proceso y lavado industrial:  $546,700/10 = 54,670 \times 3.5 = 191,345$  litros/día, 5,740,350 litros/mes y 69,840,925 litros/año.

Si se suma el lactosuero producido diario (492,030 litros), más la generación de agua de proceso (191,345 litros), da un total de 683,375 litros/día; 20,501,250 litros/mes, y 246,1015,000 litros/año, generados por las 75 industrias de referencia.

## **VI. ALTERNATIVAS PARA DARLE VALOR AGREGADO AL LACTOSUERO DE QUESERÍA**

El lactosuero es uno de los materiales más contaminantes que existen en la industria alimentaria. Cada mil litros de lactosuero generan aproximadamente 35 kilogramos de demanda biológica de oxígeno (DBO), y casi 68 kilogramos de demanda química de oxígeno (DQO). Esta fuerza contaminante es equivalente a la de aguas negras producidas en un día por 450 personas (Jelen, 1979).

Además, no usar el lactosuero como alimento es un enorme desperdicio de nutrientes; el lactosuero contiene poco más de 25% de las proteínas de la leche, alrededor de 8% de la materia grasa y aproximadamente 95% de la lactosa. Como se mencionó anteriormente, por lo menos 50% en peso de los nutrientes de la leche se quedan en el lactosuero.

Mil litros de lactosuero contienen más de nueve kilogramos de proteína de alto valor biológico, 50 kilogramos de lactosa y tres kilogramos de grasa de leche. Esto es equivalente a los requerimientos nutricionales diarios de proteína de aproximadamente 130 personas, y las necesidades diarias de energía de más de 100 individuos. En términos de composición y de valor energético, los sólidos del lactosuero son comparables a la harina de trigo, como se muestra en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Composición nutricional y valor energético del lactosuero en polvo y de la harina de trigo**

<b>Componente</b>	<b>Lactosuero en polvo (%)</b>	<b>Harina de trigo (%)</b>
Humedad	5	12
Proteína	13	13
Grasa	1	2
Carbohidratos	74	71
Cenizas	8	2
Valor energético *	357	354

(Inda, 2000)

\*Kcal/100 g.

Por consiguiente, es importante que la industria quesera disponga de opciones para usar el lactosuero, de preferencia para consumo humano, y con el fin adicional de no contaminar el medio ambiente.

El Cuadro 5 muestra la composición de un lactosuero típico (líquido). Cabe resaltar que la proteína del lactosuero incluye la fracción denominada glicomacropéptido, que constituye aproximadamente el 4% de la caseína total y que pasa al lactosuero a través de la acción enzimática del cuajo o renina sobre la k-caseína. Esta fracción representa cerca del 13% de la proteína total en un lactosuero típico.

**Cuadro 5. Composición del lactosuero típico (líquido) y la leche**

<b>Componente</b>	<b>Fracción suero</b>	<b>Fracción leche</b>
Proteínas	0.91 %	3.1%
(Caseínas) <sup>1/</sup>	(0.13 %)	2.4%
(Proteínas lactoséricas)	(0.78 %)	0.7%
Grasas	0.3 %	3.4%
Lactosa	5.1 %	4.7%
Sales y minerales	0.5 %	0.9%
Sólidos totales	6.81 %	12.1%
Contenido energético	270 Kcal/L	610 Kcal/L

<sup>1/</sup> Glicomacropéptido.

Fuente: Inda, 2000.

El costeo del lactosuero es un juicio de valor. Algunos piensan que su costo debe ser muy cercano a cero, puesto que la fabricación del queso tradicionalmente absorbe el 100% del costo de la leche y los demás ingredientes. Sin embargo, se adoptará en este trabajo el criterio de que el lactosuero tiene valor monetario distinto de cero, tanto por el valor intrínseco de sus componentes, como por su funcionalidad. Además, el reconocer que tiene valor monetario permite deducir la cifra correspondiente del costo de la leche, haciendo que el costo de fabricación del queso sea más cercano a la realidad.

Aun en este caso, las cifras a usar siguen siendo juicios de valor. Por ejemplo, si se usa como criterio el valor monetario intrínseco de los componentes del lactosuero por separado, se costearía la grasa de leche a US\$1.5 - 2.0/kilogramo, la lactosa y los



minerales a US\$ 0.30/kilogramo, y las proteínas a un valor menor, pero cercano al que cuestan las proteínas lactoséricas en forma de lactosuero en polvo. Un valor razonable sería cuatro dólares por kilogramo.

Bajo este criterio, el valor monetario del lactosuero de quesos blancos pasteurizados sería de US\$0.06 / litro. En otras palabras, el lactosuero representaría cerca del 25% del valor monetario de la leche de la cual se obtuvo. Sin embargo, la funcionalidad de estos componentes, es decir, lo que se puede hacer con ellos con un cierto valor agregado, es menor que la funcionalidad de los mismos componentes en la leche. Por este motivo, es prudente tomar como valor monetario, para fines de costeo del lactosuero, una fracción de la cifra obtenida. Desde esta perspectiva, un valor razonable es el 50% del valor mencionado arriba, es decir, US\$0.03 / litro.

Es posible llegar a cifras similares basándose en factores tales como el precio en América Latina del lactosuero en polvo importado o nacional de la misma composición, el costo de transporte y procesamiento del lactosuero fluido (bombeo, almacenamiento, enfriamiento o pasteurización, secado, etc.), o el costo de arrojar el lactosuero fluido sin tratamiento al medio ambiente.

Tomando todo ello en consideración, la cifra de US\$ 0.03 / litro parece razonable desde los puntos de vista comercial y tecnológico. Esta cifra es cercana al 10% del valor comercial de la leche fluida entera de vaca, cruda (bronca), a puerta de planta. Es importante recordar que, en términos de peso, el lactosuero fluido de quesos blancos pasteurizados contiene el 50% de los sólidos de la leche (Inda, 2000).

En empresas como Alpura, Lala, Sigma alimentos, Chilchota, los Menonitas, Nochebuena, etc., el lactosuero producido como resultado de la elaboración de quesos tiene dos opciones, ser utilizado en la rehidratación de leche en polvo que utilizan para otros procesos, o venderlo a industriales o ganaderos para la alimentación de cerdos y bovinos (GEA-NIRO, 2008).

A continuación se proponen algunas alternativas para el destino del lactosuero generado por las 75 empresas estudiadas en el Valle de Tulancingo, Hidalgo.

## 6.1 Elaboración de bebidas para infantes a base de lactosuero

El lactosuero de leche es ideal para consumo humano, tiene un perfil de minerales en el que destaca sobre todo la presencia de potasio, lo que favorece la eliminación de líquidos y toxinas. Cuenta también con una cantidad relevante de otros minerales como calcio, fósforo y magnesio, y de los oligoelementos zinc, hierro y cobre, formando todos ellos sales de gran biodisponibilidad para el organismo. El lactosuero de leche contiene todos los aminoácidos esenciales, aporta proteínas de una calidad extraordinaria y con un alto coeficiente de uso por parte del organismo humano. Contiene además, cantidades pequeñas pero apreciables de las vitaminas A, C, D, E y del complejo B, que es fundamental para la absorción de minerales como el calcio, fósforo, etc., y ácido láctico que ayuda a mejorar el proceso de respiración celular, junto con un contenido muy bajo en grasas y calorías (CPM, 2004).

Las fórmulas lácteas son bebidas nutricionales análogas de la leche, que se pueden elaborar a base de lactosueros no salados. El contenido de proteína de las bebidas lácteas nutricionales puede ser el mismo que de la leche, 30 gramos/litro, pero su contenido de materia grasa puede variar dentro de un rango entre uno y 33 gramos/litro. Son bebidas nutritivas de bajo costo ya que el balance de nutrimentos (grasas y proteínas) puede provenir de fuentes de menor costo que el de sus contrapartes en la leche fluida. El bajo contenido de colesterol constituye un beneficio adicional. Estas bebidas nutricionales se pueden elaborar pasteurizadas, saborizadas (fresa, chocolate, etc.) o no saborizadas, fortificadas (vitamina A, calcio, etc.), o no fortificadas; con lactosa como carbohidrato principal o con gran parte (80% o más) de lactosa hidrolizada usando la enzima lactasa, para consumidores intolerantes a la lactosa. El lactosuero también se puede utilizar para la fabricación de bebidas refrescantes de alto contenido energético. Se trata de bebidas económicas consistentes en lactosuero, agua, acidulantes, azúcares, saborizantes, colorantes, etc. También pueden estar enriquecidas con vitamina C y calcio.

De acuerdo al estudio de prefactibilidad realizado por el Centro de Producción más limpia de Nicaragua (CPM, 2004), las bebidas deberán observar lo siguiente:

- Ser bebidas pasteurizadas, homogenizadas, con pH ajustado a 6.6 - 6.7.
- La composición del lactosuero deberá ser mínimo: 0.9 % de proteína, 0.3% de materia grasa, 5.0% de lactosa y 0.5% de minerales.
- El concentrado de proteína debe ser WPC-80, aislado de proteína de soya al 80%, o una combinación de ambos.
- Las bebidas de este tipo tienen una vida de anaquel de hasta 21 días, a temperaturas de refrigeración comercial 8° C.
- Las bebidas comerciales de este tipo deberán contener entre 30 y 90% de lactosuero.
- El envasado de la bebida deberá ser caliente, a temperatura no menor a la de pasteurización, bajo condiciones en las que el ambiente en el área de envasado sea de calidad microbiológica controlada.

En el referido estudio de prefactibilidad de dos alternativas para la instalación de una planta procesadora de bebidas para infantes, a base de lactosuero, en Nicaragua (CMP, 2004), se tuvieron los datos del cuadro 6.

**Cuadro 6. Resumen de alternativas propuestas en el estudio en Nicaragua**

<b>Rubro</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
Inversión	US\$ 2,058,861.00	US\$ 354,384.00
Capacidad instalada	24,000 litros	2,000 litros
Presentación	250 ml / und	130 ml./und
Demanda	94,700 niños	13,360 niños
Producción (litros)	22,524 litros	1,670 litros
Precio de venta	1.38 C\$ / und (US\$ 0.08 / und)	1.50 C\$ / und (US\$ 0.09 / und)

Fuente: CPM, 2004.



Con la información del Cuadro 6 se realizará un ejercicio para México con los datos de la alternativa 1, considerando el valor de la bebida en US\$0.10 / 250 mililitros, es decir \$1.40 / 250 mililitros de bebida, igual a \$5.60 / litro; tomando en consideración el valor de un dólar equivalente a 14 pesos mexicanos. Los resultados se presentan en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Volumen y valor de la bebida a base de lactosuero de acuerdo a sus rendimientos, en litros y pesos por día y año, de las 75 empresas queseras**

Volumen de leche procesada (L/día)	Rendimiento lactosuero (L/L de leche)	Volumen de lactosuero (L/día)	Valor de la bebida en (\$/L)	Ingresos totales por venta de la bebida (miles \$/día)	Ingresos totales por venta de la bebida (miles \$/año)
546,700	.900	492,030	5.60	2,755	1,005'709

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Estatal de la Leche Hidalgo, Cuevas *et al.*, 2007 y CPM, 2004.

Los ingresos generados que pudieran obtenerse serían de alrededor de 1,006 millones de pesos anuales.

## 6.2 Venta de lactosuero líquido, fresco y frío

El lactosuero se puede conservar para su venta, líquido, fresco y frío. Se requiere venderlo a un corporativo instalado en la misma región, que procese el lactosuero fluido, esta alternativa tendría la aportación de lactosuero de todas las industrias queseras, y el cumplimiento de los requisitos establecidos para aportar su producto. Entonces, con la creación de una empresa que procese el lactosuero se generaría más infraestructura, y más empleos directos e indirectos, tendría un impacto del 100% en el valle a nivel ambiental y económico, mismo que puede inferirse con los siguientes datos:

Tomando en cuenta la información previa, se considera que el valor por litro de suero generado es de US\$0.03 / litro es decir \$0.42 pesos / litro, tomando en consideración un tipo de cambio de un dólar igual a 14 pesos mexicanos se obtendrán los datos marcados en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Volumen y valor del lactosuero de acuerdo a sus rendimientos, en litros y pesos por día y año, de las 75 empresas queseras**

Volumen de leche procesada (L/día)	Rendimiento lactosuero (L/L de leche)	Volumen de lactosuero (L/día)	Valor de la bebida en (\$/L)	Ingresos totales por venta de la bebida (miles \$/día)	Ingresos totales por venta de la bebida (miles \$/año)
546,700	0.900	492,030	0.42	207	75,428

Fuente: Elaboración propia.

Además, en el aspecto económico es importante resaltar que los productos y subproductos del corporativo que procesaría el lactosuero, representarían un nuevo ingreso a la economía de la región; se está considerando 75 millones de pesos anuales. Esto representaría un eslabón más con el que contaría la cadena de leche y productos lácteos en el estado.

### 6.3 Deshidratación del lactosuero

El principal reto para la transformación y aprovechamiento del lactosuero es el gran contenido de agua que posee. Las características principales que debe contener el lactosuero son la proteína con mínimo de 0.4% (peso/volumen), la ausencia de conservadores y un contenido menor a  $1 \times 10^6$  UFC/g.

La deshidratación del lactosuero es otra opción importante para la región. La mayoría de los queseros podrían entrar en esta alternativa.

A algunos queseros se les podría pagar por su lactosuero; a otros no se les pagaría hasta que incrementaran su calidad, pero se requiere algo muy importante: la organización real y comprometida de todos.

La deshidratación del lactosuero debe considerar además el tratamiento de las aguas residuales de las queserías, pero con el proceso del lactosuero habría ya una importante mejoría hacia el medio ambiente, el vertido de aguas residuales se vería disminuido de 27,000 miligramos/litro de DQO a aproximadamente 3,000 miligramos/litro DQO; es decir, una reducción de casi 90% en contenido de contaminantes de aguas residuales con lactosuero.

El desarrollo de una planta para el secado de lactosuero definitivamente es una alternativa importante que le daría valor agregado al suero evitando la contaminación del medio ambiente y generaría ingresos al sector en la región.

Existen diferentes tipos de suero, y de ello también depende el método de secado.

#### **Suero dulce**

También conocido como suero de queso, se produce durante la elaboración de queso cuando se aplica cuajo. El valor de pH puede ir de 5.2 a 6.7.

#### **Suero agrio**

Incluye suero ácido, suero de queso quark o cottage y suero agridulce. El suero ácido, también conocido como suero de caseína, se origina de la manufactura de ácido láctico y ácido hidroclicórico. El origen del suero de queso quark o cottage se explica por sí mismo. El ácido láctico creado mediante fermentación natural le da al suero una alta acidez. Los valores de pH de este grupo abarcan rangos de 3.8 a 4.6. Si no se dedica suficiente cuidado al suero de queso, la fermentación natural lo vuelve agrio. Este

proceso obviamente no es deseable, ya que el suero agrio no se considera un producto natural.

### **Secado por atomización**

El lactosuero puede ser secado por atomización; sin embargo, requieren de sus propias técnicas de manejo. La tecnología para secar suero por atomización puede variar de simple a sofisticada. En términos generales, el suero dulce (de queso) es más fácil de secar que el ácido. Las principales operaciones utilizadas para la producción de polvo de suero son:

- Pre calentamiento
- Concentración
- Enfriamiento instantáneo
- Precristalización
- Secado por atomización

El polvo de suero obtenido por este proceso es muy delicado, polvoriento, higroscópico y, por consiguiente, propenso a hacerse grumos. La higroscopicidad y los grumos están influidos por el tipo de suero y por las condiciones climáticas locales, y por la presencia de lactosa en estado amorfo.

### **Elección del proceso de secado**

La elección del proceso depende del tipo de suero disponible, el mercado al que está dirigida la comercialización del polvo, y la ubicación de la planta. La habilidad para manejar suero dulce y producir un producto que no propicie la formación de grumos requiere de una distribución simple. Si el polvo secado se destina a mezclas de polvo seco, la habilidad de flujo es esencial y el proceso debe ser equipado con etapas de cristalización y enfriamiento, con objeto de garantizar esta propiedad. El clima local debe también ser tomado en cuenta, dado que se recomienda que las plantas instaladas en climas húmedos utilicen un proceso que genere un producto menos higroscópico con poca tendencia a formar grumos.

### **Fraccionamiento del suero**

En lugar de producir suero en polvo ordinario o precristalizado, se ha comprobado que vale la pena instalar una planta de ultrafiltración cuando se dispone de grandes cantidades de suero. El suero se divide en dos fracciones; una de naturaleza retentiva para producir WPC (whey protein concentrates / Concentrados de Proteína de Suero en diferentes grados 35, 60 u 80) o inclusive WPI (whey protein isolates / Aislados de Proteína de Suero con contenido de proteínas mayor a 90% sobre una base sólida) y un permeado.

El permeado puede ser evaporado aún más para producir lactosa en diferentes grados. Durante este proceso es posible remover el valioso mineral Fosfato de Calcio.



Para la producción de proteína de suero se utiliza una secadora Tall Form Dryer, TFD con vibrofluidizador. La atomización tiene lugar por la presión de tobera (hasta 350 bar).

### Equipo de proceso de suero

Un grupo de compañías de GEA tienen experiencia con el manejo de productos de suero en segmentos individuales, como es el pre-tratamiento, clarificación, filtración, fraccionamiento, evaporación, secado y empaque. Estas compañías forman el Equipo de Productos de Suero. La experiencia de este equipo puede ser solicitada para que presten ayuda y den asesoría con relación a la instalación de una línea de tratamiento de suero que se apegue a las especificaciones del cliente (GEA-NIRO, 2008).

**Cuadro 9. Propuesta tecnológica para deshidratación del lactosuero en el Valle de Tulancingo, Hidalgo**

Concepto	Característica
Empresa comercializadora de la tecnología en México	Gea Process Engineering, S.A. de C.V.
Origen de la tecnología	Danesa-Americana
Tecnología	Línea de productos de suero secados por atomización
Capacidad de la tecnología para la deshidratación de lactosuero	700,000 litros por día
Jornada laboral	De 24 horas con tres turnos de 8 horas
Capacidad de deshidratación	25,000 litros/hora
Kilogramos de suero en polvo obtenido	1,500 kg / 25,000 l de lactosuero deshidratado
Tiempos de proceso	Por cada 20 hrs. de proceso esta indicado 4 horas de limpieza, higienización y sanitización del equipo
Dimensiones de la planta	Largo 35 m, ancho 20 m Todas las áreas con una altura 8 m a excepción de las áreas de evaporación y secado con una altura de 25 m.
Número de trabajadores por turno	18 trabajadores
Total de trabajadores por día	54 trabajadores
Tiempo de instalación de la planta	14 a 18 meses
Tiempo para el diseño e ingeniería	2 a 3 meses
Tiempo para la fabricación de la tecnología	6 a 7 meses
Tiempo del flete para el traslado de la tecnología de los países de origen al Valle de Tulancingo, Hidalgo	1 mes
Tiempo para la instalación de la planta	5 a 7 meses
Garantía del equipo	12 meses, a partir de que la empresa comercializadora instala, opera y entrega la planta
Garantía del equipo	18 meses, a partir de que la empresa comercializadora de la tecnología entrega el equipo sin instalar
Arranque y operación	El costo de inversión incluye la realización de pruebas de operación y arranque, así como el funcionamiento total y producción de las primeras toneladas de producción del suero en polvo, como producto terminado
Refacciones	Se requiere la adquisición de refacciones necesarias para un año de operación

**Cuadro 9. Propuesta tecnológica.... (continuación)**

<b>Concepto</b>	<b>Característica</b>
Capacitación del factor humano	El costo de la tecnología incluye la capacitación del personal operador y de supervisión que se daría en el tiempo de instalación del equipo
Agua residual	Después del proceso se obtienen aguas grises obtenidas del proceso de filtración y deshidratación, puede ser utilizada en riego de áreas verdes, sanitarios y calderas o después de un proceso de filtración (floculación) y demás filtraciones se obtiene agua potable
Otros usos de la tecnología	La flexibilidad de la tecnología para la deshidratación de leche y otros productos lácteos se debe contemplar desde el diseño e ingeniería
Otros usos de la tecnología	Si se pretende optimizar la tecnología con la deshidratación de otros productos como por ejemplo frutas de la región, estado o país, azafrán, yuca, cúrcuma, concentrado de café con leche, todo esto es posible, y como se mencionó se debe indicar desde el principio para incluirlo en el diseño e ingeniería
Precio en el mercado nacional del suero en polvo por kilogramo	17 a 22 centavos de dólar por kilogramo
En México en los últimos 10 años se han instalado 6 plantas con las mismas características de esta propuesta, y un sinnúmero más con otras capacidades	Seis plantas en operación en México, esta sería la séptima planta
Localización de las plantas instaladas en México	Irapuato, Guanajuato Aguascalientes, Aguascalientes Ocotlán, Jalisco Guadalajara, Jalisco Jaloscotitlán, Jalisco Torreón, Coahuila Jiménez, Chihuahua Monterrey, Nuevo León

Fuente: Gea Process Engineering. S.A. de C.V. 2008.

La empresa comercializadora de la tecnología GEA Process Engineering. S.A. de C.V., actualmente es proveedor de la tecnología que utiliza la empresa Nestlé en México.

Con respecto a las fuentes de financiamiento para la implementación del proyecto, sería conveniente tomar en consideración la experiencia de instalación de una planta ultrapasteurizadora y de envasado de leche en la zona del Valle de Tulancingo, Hidalgo, por la empresa Productora Universitaria de Lácteos (PROUNILAC), ubicada en el Rancho Universitario de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. El financiamiento para la adquisición de la tecnología se explica en el cuadro 11.

**Cuadro 10. Costos de la propuesta de tecnología para deshidratación del lactosuero en el Valle de Tulancingo, Hidalgo**

<b>Componentes</b>	<b>Costos en dólares americanos</b>
Fecha	26 noviembre del 2008
Paquete tecnológico y obra civil completa	Costo aproximado total de la inversión entre 13,000,000 y \$16,000,000
Edificio obra civil	Costo de la obra civil \$2,000,000
Planta de recepción	Costo de planta de recepción \$1,100,000
Equipo de filtración	Costo de equipo de filtración \$700,000
Equipo de cristalización	Costo de equipo de cristalización \$370,000
Equipo secador	Costo de equipo secador \$5,500,000
Equipo evaporador	Costo de equipo evaporador \$1,600,000
Ensacadora	Costo de la ensacadora \$350,000
Operaciones de instalación	Costo de la instalación y operación de la tecnología \$600,000
Servicios	Costo de la instalación de servicios (caldera, planta de tratamiento de aguas, centro de control de motores, etc). \$2,000,000
Tiempo de recuperación de la inversión	8 años
Financiamiento	La empresa comercializadora de la tecnología brinda asesoría para la obtención de financiamiento por parte de un banco de la Unión Europea, que a su vez asigna un banco en México

Fuente: Ing. Rutilio García Yudico, GEA Process Engineering. S.A. de C.V. 2008; rutilio.garcia@geagrupo.com

**Cuadro 11. Financiamiento y recursos para la implementación de la planta universitaria de lácteos**

<b>Dependencia</b>	<b>Nivel de gobierno</b>	<b>Monto</b>	<b>Porcentaje de participación</b>
Secretaría de Economía	Federal	\$3,167,000.00	34.99
Secretaría de Desarrollo Económico	Estado de Hidalgo	\$1,360,000.00	15.03
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	Universidad Pública	\$4,523,000.00	49.98
Monto total de inversión		\$9,050,000.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Este modelo de financiamiento compartido podría ser una estrategia a seguir por la Unión de productores de lácteos del Valle de Tulancingo, Hidalgo, para la adquisición de tecnología para deshidratación del suero. Se podría tener la participación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Economía (SE), Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Hidalgo, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Hidalgo, Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo (COEDE), Subdirección de Proyectos Ambientales de la Secretaría de Obras Públicas, Comunicaciones, Transportes y Asentamientos. Gobierno del Estado de Hidalgo, y por supuesto la industria quesera del Valle de Tulancingo, Hidalgo, entre otros.

## 6.4 Uso del lactosuero en la alimentación animal

Debido a la relación costo beneficio poco explorada en el reuso del lactosuero, los ganaderos han implementado en los últimos años el uso de este desecho como parte de la nutrición animal; esta práctica se considera eficiente y barata y cuya ventaja principal es la de no dañar al ambiente además de proporcionar grandes beneficios al ganadero.

En la actualidad, una cantidad considerable de lactosuero está siendo utilizado como alimento para animales y representa la principal alternativa que existe en estos momentos en la región del Valle de Tulancingo. En la alimentación de los bovinos, el volumen de lactosuero por cabeza es de aproximadamente 20 a 25 litros diarios, o como agua de bebida a libre acceso. Es necesario el asesoramiento de un experto en nutrición animal para el balanceo de la dieta, ya sea para el ganado bovino productor de carne o leche, o de la especie porcina.

Al incluir el lactosuero como parte de la dieta de vacas, toros y cerdos, resulta una actividad ecológica, sana e inteligente, no contamina y además reinvierte los desechos orgánicos.

Los animales de engorda, lecheros y de reemplazo obtienen diversos beneficios como: ganancia de peso, y una mejoría en la parición de hatos sanos, el ganadero se ahorra la utilización de agua sustituyéndola por lactosuero, además no hay ningún problema ni para el ganado ni para el ser humano, esta posibilidad aporta soluciones tecnológicas viables para evitar la contaminación de efluentes y poder aprovechar las propiedades nutritivas del lactosuero.

Resulta entonces un inmenso desperdicio de nutrientes no usar el lactosuero como alimento, pues al incluirlo en dietas animales aporta cobalto, que es un elemento esencial como parte de la Vitamina B12, indispensable en vacas en producción, es rico en lactosa (azúcar de la leche), minerales, vitaminas y proteínas de suero que se digieren fácilmente, y son ideales para los animales jóvenes.

Otro de los nutrientes que se aportan al consumir lactosuero es el manganeso que trabaja junto a antioxidantes para minimizar la acumulación de formas reactivas de oxígeno, las cuales dañan las células, ayudando así a una vida longeva y a un crecimiento sano.

De igual manera el cobre que está contenido en el lactosuero aporta los siguientes beneficios: sirve como elemento que coadyuva contra las anemias, diarreas, cojera e hinchamiento de las articulaciones, por lo general, la falta de cobre en las dietas ocasiona un porcentaje considerable de muerte en animales. Por esto y muchas ventajas más, utilizar el lactosuero en alimentación animal es una práctica eficaz, segura, nutritiva y barata (Godínez y Godínez, 2007).



## 6.5 Uso de lactosuero en productos para panificación

El lactosuero desechado resulta ser una pérdida económica, y grave problema ambiental en la región del Valle de Tulancingo, Hidalgo. Las proteínas lácteas que se encuentran en el lactosuero pueden ser utilizadas para mejorar el sabor, la textura, la apariencia y en algunos casos el valor nutricional de productos procesados como es el caso de los productos de la panificación (Guemes *et al.*, 2005).

## 6.6 Uso de lactosuero como sustituto de fertilizante en tierras para pastura

En Nueva Zelanda, la irrigación (por aspersión) de tierras para pastura con lactosuero ha sido un método exitoso para disponer del exceso de este material. El lactosuero se aplica a razón de 110 a 125 litros por hectárea, por día (Radford *et al.*, 1986). Este es otro ejemplo de una situación ganar-ganar: los agricultores reciben un buen reemplazo de fertilizante a bajo costo, y los queseros aumentan su rentabilidad al vender el lactosuero y no contaminar el medio ambiente. Desde luego, es probable que el agricultor y el quesero sean la misma persona.

Cien litros de lactosuero de quesería contienen alrededor de 150 gramos de nitrógeno, 33 de fósforo inorgánico, 150 de potasio, 14 de azufre, 50 de calcio y 55 gramos de sodio. Es importante que el lactosuero empleado en esta aplicación sea lactosuero dulce de quesería; es decir, aquel que no haya desarrollado acidez en exceso y que no contenga sal. En términos prácticos, lo que esto significa es que se debe usar lactosuero fresco, o lactosuero enfriado rápidamente para minimizar el desarrollo de acidez (Inda, 2000).

## 6.7 Otros usos del lactosuero

Finalmente es importante mencionar que el lactosuero puede tener otros usos que pueden dar resultados increíbles y útiles en la vida diaria, por mencionar algunos se tiene: elaboración de requesón, elaboración de queso Ricota (Artavia, 1999). El uso como materia de biodigestores, para la producción de biogás metano (Lucho, 2007), elaboración de plásticos biodegradables, como aditivo de ensilaje, deshidratándolo para producir harinas.

Además de lo anterior, es de vital importancia considerar también la instalación de plantas tratadoras de aguas residuales y de proceso, para su reutilización en el riego o áreas verdes o de servicios.

**Cuadro 12. Resumen de usos del lactosuero**

Uso	Empresa pequeña	Empresa mediana	Empresa grande
<i>1.- Elaboración de bebidas para infantes</i>	Esta alternativa es viable para las 75 empresas queseras, ajustándose a los requerimientos de la empresa fabricante de las bebidas respecto a las características del lactosuero como materia prima.		
<i>2.- Venta de lactosuero líquido, fresco y frío</i>	De igual manera si se integra todo el lactosuero de las 75 empresas y cumple con los requerimientos que establezca el comprador, es factible y es una buena opción para todas.		
<i>3.- Deshidratación del lactosuero</i>	De la misma manera la integración de una cooperativa para emprender el negocio de deshidratación de lactosuero sería una alternativa buena, incluso de todas es la más viable.		
<i>4.- Alimentación animal</i>	Representa una alternativa para las empresas que producen poco lactosuero.		
<i>5.- Productos para panificación</i>	Representa una alternativa para las empresas que producen poco lactosuero.		
<i>6.- Sustituto de fertilizante en tierras para pastura</i>	Representa una alternativa para las empresas que producen poco lactosuero.		
<i>7.- Otros usos</i>	Me parece que son alternativas para las empresas que producen poco volumen de lactosuero.		

Considero que la alternativa 3, deshidratación del lactosuero, representa una opción viable y segura para darle un valor agregado al lactosuero, requiere una inversión alta al inicio, sin embargo considero que sería muy rentable.

## VII. CONCLUSIONES

Una alternativa que aporta ventajas desde el punto de vista ecológico es la deshidratación del lactosuero. La mayoría de los queseros podrían entrar en esta alternativa. Se requiere de tecnología de punta y de gran inversión, pero se puede integrar un esquema de financiamiento compartido entre los tres niveles de gobierno y, desde luego, la aportación de los queseros, la deshidratación del lactosuero sería una actividad muy rentable.

La utilización de lactosuero para alimentación animal y su uso como sustituto de fertilizantes en tierras para la producción de forrajes se consideran como opciones que resuelven de momento el problema del impacto ambiental, ya que no se vierte este subproducto al drenaje, ríos y zanjas. Sin embargo, hay que considerar que ésta es una opción viable para empresas pequeñas que no generan volúmenes grandes de

lactosuero, resolviendo rápidamente el problema. Un punto a considerar de este empleo del lactosuero, es que requiere asistencia técnica y capacitación del beneficiario.

La elaboración de bebidas para infantes a base de lactosuero parece ser una plataforma rentable y con muchas posibilidades de éxito en la región, ya que se dispondría de materia prima sin restricciones y un prometedor mercado para la comercialización de los productos dirigidos a un sector joven de la población. Lo anterior pudiera realizarse a través de la creación de una cooperativa.

El uso de la tecnología para la deshidratación del lactosuero aquí planteada, así como las demás alternativas tendrán que ser analizadas por los productores de queso, con base a las cuales se elaborarán el o los proyectos de agronegocios que le den un valor agregado al lactosuero, y así minimizar la contaminación ambiental en el Valle de Tulancingo, provocada por este subproducto.

Los productores de queso deberán organizarse en una figura jurídica asociativa, como puede ser una cooperativa, que satisfaga los requisitos de financiamiento disponibles.

## VIII. FUENTES CONSULTADAS

- Artavia, P. W., 1999, Elaboración del queso ricotta a partir del suero lácteo. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. EARTH. Trabajo de graduación. Guacimo, Costa Rica.
- Campos, M., R. G., Pimentel G., D.J., y Monroy H., O., 2007, Alternativas para el tratamiento de lactosuero para un desarrollo sostenible en el Valle de Tulancingo, Hidalgo. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los alimentos. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- CPM (Centro de Producción más limpia de Nicaragua), 2004, Estudio de Prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de bebidas para infantes a base de lactosuero, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (UNDESA), ONU. Nicaragua.
- COEDE (Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo), 2007, Subdirección de Proyectos Ambientales. Secretaría de Obras Públicas, Comunicaciones, Transportes y Asentamientos. Gobierno del Estado de Hidalgo. México.
- Cuevas R., V., Espinosa G, J. A., Moctezuma L, G., Jolalpa B., J. L., Romero S., F., Vélez I., A., Flores M., A. B., Vázquez G., R., 2007, La cadena agroalimentaria de leche de vaca en el Estado de Hidalgo: Diagnóstico y Prospección al año 2020. Libro técnico 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. México.
- CEL (Comisión Estatal de la Leche), 2007, Dirección General de la Comisión Estatal de la leche. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno del Estado de Hidalgo. México.
- GEA Process Engineering. S.A. de C.V. <http://www.gea-niro.com.mx/industrias-servimos/alimentos-lacteos/productos-de-suero.htm>, consultado el 16 de noviembre del 2008.
- Godínez G., D., y Godínez G., A., 2007, Lactosuero la nueva era. Unión de Productores de Lácteos del Valle de Tulancingo, Hidalgo.
- Guemes V., N., Díaz M., E., Soto S., S., Reyes S., M. I., y Quintero L., A., Totosa S.A., 2005, Análisis de perfil de texturas en masas y panes dulces de harina de trigo fortificadas con lactosuero. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. México.
- IDC (Instituto de Desarrollo Comunitario Cuenca), 2005, Situación actual y perspectiva medioambiental de las Pymes del Sector Agroalimentario en Cuenca, España. Instituto de Desarrollo Comunitario Cuenca. Fundación Biodiversidad. Unión Europea. Fondo Social Europeo. España.



- Inda CAE, 2000, Optimización del Rendimiento y Aseguramiento de Inocuidad en la Industria de Quesería. Proyecto Multinacional de Metrología, Normalización, Acreditación y Calidad de la Organización de los Estados Americanos. OEA. Proyecto OEA/GTZ de Calidad y Productividad en la Pequeña y Mediana Empresa. Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo. GTZ. México.
- Jelen P., 1979, "Industrial Whey Processing Technology: An Overview". *J. Agric. Food Chem.* 27(4):658-661.
- Lucho C., C. A., 2007, Generación de energía: Biodigestores plásticos de bajo costo. Universidad Politécnica de Pachuca. Expo Ambiental Cambio Climático. 22 y 23 de Noviembre 2007. Tulancingo, Hidalgo. México.
- NOM-035-SSA1-1993. 1993. Bienes y Servicios. Quesos de suero. Especificaciones sanitarias. Secretaría de Salubridad y Asistencia. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de enero de 1995, México.
- Radford, J. B., Galpin, D. B., y M. F. Parkin, 1986, "Utilization of Whey as a Fertilizer Replacement for Dairy Pasture". *N.Z. J. Dairy Sci. Technol.* 21:65-72.
- SIAP, 2007, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. "Boletín de leche" Octubre– Diciembre de 2007, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. México.
- Torres B., A., 1999, Definición del suero de queso tipo Oaxaca en la región de Tulancingo y establecimiento del proceso óptimo para la obtención de proteínas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.



El Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) es un centro de investigación y posgrado, con sede en la Universidad Autónoma Chapingo, México, donde, desde 1990, se estudian problemas económicos, sociales y tecnológicos de la agroindustria y la agricultura mundial, y se generan y difunden conocimientos, todo lo cual se realiza a través del trabajo interdisciplinario, con una visión integral, crítica y propositiva, priorizando las necesidades de la sociedad rural y los intereses de los grupos mayoritarios.

### **INFORMACIÓN Y VENTAS:**

Universidad Autónoma Chapingo  
Área de Publicaciones del CIESTAAM  
Carretera México-Texcoco km 38.5, C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México  
Teléfono: 01(595)952-1500 ext. 5483, Fax: 01(595)952-1613/952-1555  
E-mail: [ciestaam@correo.chapingo.mx](mailto:ciestaam@correo.chapingo.mx), <http://www.chapingo.mx/ciestaam/>

#### **Sistema de pago para envíos foráneos**

1. Enviar su orden de pedido indicando las publicaciones que desea adquirir.
2. Realizar un depósito en cualquier sucursal del Banco Santander-Serfin, S.A. a la cuenta CIESTAAM-UACH 65502075687, Suc. 5682, Texcoco, por la cantidad total del monto de su compra, más el costo del envío.
3. Hacer llegar –vía fax– copia de la ficha de depósito a la atención del Área de Distribución y Venta de Publicaciones del CIESTAAM.
4. A vuelta de correo, según el tipo de mensajería que elija, recibirá su pedido.

Los números de esta serie que se encuentren agotados podrán adquirirse en formato electrónico.

Cuidado de la edición: Alejandro Merino S. y Gloria Villa H.  
Formación y diseño de interiores: Gloria Villa H.  
Diseño de portada: Lucía Santos  
Se terminó de imprimir el 15 de diciembre de 2009  
en los talleres de Grupo Litográfico, 5 de febrero 402-I, Colonia Obrera,  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06800, México, D.F.  
En interiores se utilizó papel bond ahuesado de 90 gr.  
tipo de impresión: Offset  
Tiraje: 200 ejemplares  
En su composición se utilizaron los tipos Times New Roman 9, 11, 13  
y 16 pts y Cambria 9 y 10 pts.



# Otras publicaciones del CUESTAAM

## Libros

- La lechería familiar en México
- Competitividad del frijol de México en el contexto de libre comercio
- Recursos naturales, insumos y servicios en el agro mexicano
- Los diseñadores nacionales de tecnología agrícola
- 1967. La huelga nacional de las escuelas de agricultura
- Los quesos mexicanos genuinos
- ¿Por qué estudiar las cuencas lecheras mexicanas?
- Innovación: Motor de la competitividad agroalimentaria. Políticas y estrategias para que en México ocurra
- Planeación de proyectos de gestión de la innovación
- Identificación de actores clave para la gestión de la innovación: el uso de redes sociales
- Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias
- Selección de actores a entrevistar para analizar la dinámica de innovación bajo el enfoque de redes
- Agrónomos. Maestros e investigadores del campo mexicano

## Reportes de Investigación

- Queso Cotija: Denominación de origen o denominación genérica. Reporte 86
- Aspectos generales de la inocuidad agroalimentaria. Segunda parte. Reporte 85
- Aspectos generales de la inocuidad agroalimentaria. Primera parte. Reporte 84
- Más supermercados y menos Estado ¿Dónde quedan los pequeños productores de leche? Reporte 83
- Periodo de transición y políticas públicas: El caso de la liberalización del mercado de la leche en México en el marco del TLCAN. Reporte 82
- Nuevo instrumento de política agrícola para México: La ecocondicionalidad para un desarrollo sustentable. Reporte 81
- Situación del maíz y la tortilla. Reporte 80
- Análisis de tres evaluaciones oficiales de ASERCA del Programa de Pagos Directos (PROCAMPO) a la agricultura mexicana. Reporte 79
- Producción, comercialización e industrialización del xoconostle en la región de las Pirámides, estado de México. Reporte 78
- Riesgos económicos de la apertura a transgénicos en el mercado de maíz en México: una aproximación teórica. Reporte 77

## Folletos de Divulgación

- Los sujetos tecnológicos y la región: El territorio tecnológico. Revista Ciencia, Tecnología, Sociedad, núm. 3
- Paradigmas tecnológicos, sujetos tecnológicos. Revista Ciencia, Tecnología, Sociedad, núm. 2
- Los modelos tecnológicos. Revista Ciencia, Tecnología, Sociedad, núm. 1

ISBN: 978-607-12-0099-0



9 786071 200990