



# Aprovechamiento del suero lácteo de una empresa del norte antioqueño mediante microorganismos eficientes

Guillermo León Sánchez Sánchez<sup>1</sup>, Miriam Janet Gil Garzón<sup>2</sup>,  
Maritza Andrea Gil Garzón<sup>3</sup>, Francisco Javier Giraldo Rojas<sup>4</sup>,  
Leónidas de Jesús Millán Cardona<sup>5</sup>, María Eugenia Villada Ramírez<sup>6</sup>,

*Línea de investigación: Productos naturales. Grupo de investigación de Alimentos. GRIAL*

*Milk serum use in a company from the Antioquian Northern region by the use of efficient micro organisms*

*Aproveitamento do soro lácteo de uma empresa do norte antioqueño mediante Microorganismos Eficientes*

## RESUMEN

**Introducción:** La contaminación ambiental producida por la disposición del suero resultante de la industria láctea motiva a la continua búsqueda de tecnologías efectivas que permitan el aprovechamiento de este subproducto. El empleo de microorganismos eficientes empleados para la transformación de suelos, recuperación de recursos agropecuarios y tratamientos de

---

<sup>1</sup> Químico. Candidato Magíster en Ciencia-Química. Docente Colegio Mayor de Antioquia. <sup>2</sup>Química. Magíster en Ciencia-Química. Docente Instituto Tecnológico Metropolitano, ITM. <sup>3</sup>Ingeniera de Alimentos. Magíster en Ciencia-Química. Docente Coordinadora del programa de Ingeniería de Alimentos, Corporación Universitaria Lasallista. <sup>4</sup>Químico Farmacéutico. Magíster en Ciencias Químicas. Docente Corporación Universitaria Lasallista. <sup>5</sup>Ingeniero Industrial. Especialista en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Docente Corporación Universitaria Lasallista. <sup>6</sup>Ingeniera de Alimentos. Auxiliar de laboratorio Corporación Universitaria Lasallista.

agua, pueden ser una alternativa para una empresa del norte antioqueño que produce grandes cantidades de suero anuales y su tratamiento actual no es completamente efectivo y está generando problemas ambientales.

**Objetivo.** Transformar el lactosuero obtenido en una empresa productora de lácteos ubicada en el norte antioqueño por medio de la utilización de Microorganismos Eficientes (EM), con el fin de disminuir la contaminación ambiental producida por la disposición actual de este residuo.

**Métodos y materiales.** Se emplearon microorganismos eficientes tipo lactobacillus sobre suero salado producido en una empresa del norte antioqueño, el cual fue sometido a 94°C y las fases formadas fueron separadas por filtración. Los sueros inicial y precipitado fueron caracterizados por análisis fisicoquímicos y bromatológicos.

**Análisis de Resultados.** Los microorganismos eficientes (EM), propician la separación de dos fases: una fase inferior ó precipitado representada por el 7.10%, donde se observa un aumento de proteína que pasó de  $0.86 \pm 0.04\%$  a  $6.58 \pm 0.05\%$  después del tratamiento, debido a la capacidad que poseen los microorganismos de fijación y concentración de nitrógeno. La segunda fase que se presenta en estado líquido se caracterizó con el fin de determinar la disminución del valor correspondiente a la demanda química de oxígeno (DQO), lo cual se logró hasta un 98%.

**Conclusiones.** El empleo de EM es una alternativa para el tratamiento del suero resultante como desecho orgánico de la industria láctea, ya que permite recuperar una fase (7.10%), la cual presenta un aumento de proteína que puede ser empleada en la obtención de otros productos de consumo animal y humano, además se logra la remoción de la DQO en la fase líquida (98% aprox.) evitando un riesgo ambiental.

**Palabras clave:** Lactosuero, Microorganismos Eficientes (EM), lactobacillus, Demanda Química de Oxígeno (DQO), proteína.

## ABSTRACT

**Introduction.** Environmental pollution produced by the disposal of the serum that results from dairy industries activities is a motivation for keeping on searching for effective technologies that allow the use of this sub product. The use of efficient micro organisms usually used to transform the soil, recovery of agricultural and farming resources and water treatments, can be an alternative for a company located in the North of Antioquia, Colombia, which produces great quantities of serum per year and does not have an effective treatment for it, causing environmental problems.

**Objective.** To transform mil serum obtained from a dairy company located in the North of Antioquia by the use of efficient micro organisms, aiming to reduce the contamination produced by this process remain.

**Materials and methods.** Efficient micro organisms of the lactobacillus type were applied to the salty serum produced in a company from the Northern Antioquia region. The serum was treated at 94°C and the phases formed were separated with a filtration. The initial and precipitated serums were characterized by the application of physical, chemical and bromatological analysis procedures.

**Result analysis.** Efficient micro organisms help to separate two stages: An inferior stage or precipitation represented by the 7.10%, in which a protein increase is observed (from

0.86±0.04% to 6.58±0.05% after the treatment) due to the hydrogen fixation and concentration capacity of the micro organisms. The second stage, which takes place at a liquid state, was characterized in order to determine the reduction of the value corresponding to the chemical oxygen demand (COD). A 98% measure was achieved.

**Conclusion.** The use of efficient micro organisms is an alternative for the treatment of serum, as an organic waste from dairy industries, because it allows the recovery of a phase (7.10%) which represents a protein increase that can be used for obtaining other products for human and animal consumption. Besides, an approximately 98% COD removal rate is achieved in the liquid stage, avoiding an environmental risk.

**Key words.** Milk serum, efficient micro organisms, lactobacillus, chemical oxygen demand (COD), protein.

## RESUMO

**Introdução.** A contaminação ambiental produzida pela disposição do soro resultante de indústria láctea motiva à contínua busca de tecnologias efetivas que permitam o aproveitamento deste subproduto. O emprego de microorganismos eficientes empregados para a transformação de solos, recuperação de recursos agropecuários e tratamentos de água, podem ser uma alternativa para uma empresa do norte antioqueño que produz grandes quantidades de soro anuais e seu tratamento atual não é completamente efetivo e está gerando problemas ambientais.

**Objetivo.** Transformar o lacto soro obtido numa empresa produtora de lácteos localizada no norte antioqueño por meio da utilização de Microorganismos Eficientes (EM), com o fim de diminuir a contaminação ambiental produzida pela disposição atual deste resíduo.

**Métodos e materiais.** Empregaram-se microorganismos eficientes tipo lactobacilos sobre soro salgado produzidos numa empresa do norte antioqueño, o qual foi submetido a 94°C e as fases formadas foram separadas por filtragem. O soro inicial e precipitado foi caracterizado por análises físico-químicos e bromatológicos.

**Análise de Resultados.** Os microorganismos eficientes (EM) propiciam a separação de duas fases: uma fase inferior ou precipitada representada pelos 7.10%, onde se observa um aumento de proteína que passou de 0.86±0.04% a 6.58±0.05% depois do tratamento, devido à capacidade que possui os microorganismos de fixação e concentração de nitrogênio. A segunda fase que se apresenta em estado líquido se caracterizou com o fim de determinar a diminuição do valor correspondente à demanda química de oxigênio (DQO), o qual se conseguiu até um 98%.

**Conclusões.** O emprego de EM é uma alternativa para o tratamento do soro resultante como refugo orgânico da indústria láctea, já que permite recuperar uma fase (7.10%), a qual apresenta um aumento de proteína que pode ser empregada na obtenção de outros produtos de consumo animal e humano, ademais se consegue a remoção da DQO na fase líquida (98% aprox.) evitando um risco ambiental.

**Palavras Importante.** Lacto soro, Microorganismos Eficientes (EM), lactobacilos, Demanda Química de Oxigênio (DQO), proteína.

## INTRODUCCIÓN

La regulación sobre la disposición de los residuos generados en la industria alimenticia que afectan el medio ambiente por la descomposición natural y no controlada de la materia orgánica está siendo cada vez más exigente<sup>1</sup>.

El suero de leche es uno de los residuos más representativos de la industria lechera y uno de los contaminantes más severos que existen a nivel ambiental. El suero es definido como un líquido remanente tras la precipitación y separación de la caseína de la leche durante la elaboración del queso y constituye aproximadamente el 85% - 90% del volumen de la leche, cuyos componentes principales como la lactosa, calcio, sales minerales y proteínas lacto-séricas de bajo peso molecular solubles en su punto isoeléctrico son retenidas en un 55%, ya que no reaccionan con el cuajo<sup>2,3</sup>.

En la actualidad existen varias tecnologías que pueden ser utilizadas para el aprovechamiento de los componentes del lactosuero, como el proceso de separación con membranas<sup>4,5</sup>, alternativas de tratamientos anaeróbicos y aeróbicos<sup>6</sup> y tratamientos como electrocoagulación<sup>7</sup>. Dentro de estas alternativas se considera que los tratamientos anaeróbicos son más económicos que los aeróbicos convencionales, ya que, aunque son más lentos, demandan poca energía<sup>8</sup>. A pesar de la diversidad de tecnologías propuestas, no se ha desarrollado un proceso rentable para el tratamiento de los grandes volúmenes de suero producidos cada año<sup>2</sup>.

En Colombia, el suero de leche resultante de una empresa quesera ubicada en San Pedro de los Milagros, Antioquia, representa una producción aproximada de 14.400 toneladas de suero anual, el cual es llevado a la planta de tratamiento de aguas. El residuo sólido resultante es utilizado en compostaje y la fase líquida se emplea como fertilizante en los pastos. La disposición de la fase líquida no es una solución económica ni ambiental, debido a la producción de malos olores por putrefacción y la muerte por asfixia de la fauna de los ecosistemas alrededor de los pastos tratados.

El fraccionamiento de los principales constituyentes del suero representa una alternativa para la disminución de la demanda biológica y química en las plantas de tratamiento y es una fuente de obtención de constituyentes de mayor importancia comercial para la obtención de derivados lácteos<sup>9,10</sup>.

Los Microorganismos Eficientes (EM) fueron desarrollados en la década de los 70's y están conformados esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería. Las principales aplicaciones a nivel industrial se han concentrado en el aprovechamiento de suelos, residuos agropecuarios y tratamientos de aguas<sup>11</sup>. Uno de los microorganismos representativos de las bacterias ácido lácticas es el *Lactobacillus casei*, empleado para la recuperación de ácido láctico a partir del suero lácteo<sup>12</sup> y que puede ser considerado para la regeneración de otros macrocompuestos presentes en el suero.

El objetivo de este trabajo es transformar el lactosuero obtenido en una empresa productora de lácteos ubicada en el norte antioqueño por medio de la utilización de microorganismos efectivos (EM), con el fin de disminuir la contaminación ambiental producida por la disposición actual de este residuo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

### **Materiales:**

El suero utilizado en este trabajo proviene de una empresa ubicada en San Pedro de los Milagros, Antioquia-Colombia. El suero es obtenido de la producción de quesos tipo ácido salados, elaborados a partir de leche de vaca.

Los reactivos empleados para los análisis bromatológicos (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y alcohol isoamílico) son grado reactivo (MERCK).

Los microorganismos efectivos anaeróbicos utilizados para la precipitación son del tipo lactobacillus, obtenidos comercialmente en la empresa Microsán, Antioquia.

### **Caracterización del suero lácteo:**

Se caracterizó el suero crudo utilizando métodos estándar AOAC<sup>13</sup> para los análisis fisicoquímico (pH, densidad) y bromatológico (proteínas por el método de Kjeldahl, grasas mediante el método Gerber y cenizas por gravimetría).

### **Análisis bromatológicos:**

La determinación del contenido de proteína se llevó a cabo mediante el método de Kjendhal. El método se basa en la digestión de la muestra en un equipo Velp Científica, en presencia de ácido sulfúrico concentrado y un catalizador. La muestra se digiere hasta su disolución y oxidación. Posteriormente el sulfato ácido de amonio obtenido se descompone en presencia de un álcali y el borato de amonio formado se valora con ácido clorhídrico<sup>14</sup>.

El método Gerber fue empleado para la cuantificación del contenido de grasas, por medio de la centrifugación del suero en un equipo MLW T5 en presencia de ácido sulfúrico y alcohol isoamílico<sup>15</sup>.

El contenido de cenizas se obtuvo por gravimetría, después de someter la muestra a incineración en una mufla Terrígeno FPCA, a 550°C<sup>16</sup>.

### **Tratamiento del suero con microorganismos efectivos, EM:**

Los EM son adicionados al 1% al suero. La mezcla es sometida a un calentamiento a 94°C, sin agitación, durante 10 minutos. Posteriormente se realiza un enfriamiento a temperatura ambiente. El precipitado resultante es separado por filtración y pesado para la determinación del rendimiento de la fase recuperada por precipitación, el cual es calculado por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fase precipitada} = (\text{Peso de precipitado} / \text{Peso inicial de suero}) \times 100 \quad (1)$$

El producto resultante del procedimiento experimental fue sometido a los mismos análisis bromatológicos del suero sin tratamiento.

#### **Análisis estadístico:**

Para el estudio de los datos se empleó el programa Statgraphics XV y los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de una vía (tratamiento con dos niveles), con un nivel de confianza del 95% y un nivel de potencia para detectar diferencias significativas del 90%. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN:**

#### **Caracterización del suero:**

La tabla I reporta los resultados de la caracterización fisicoquímica y bromatológica de suero lácteo antes del tratamiento.

**Tabla I. Caracterización fisicoquímica y bromatológica del suero sin tratamiento**

<b>Análisis fisicoquímico</b>	
pH	6.12 ± 0.01
Densidad (g/mL)	1,021 ± 0.020
<b>Análisis bromatológico</b>	
Proteína, %	0.86 ± 0.04
Grasa, % v/v	0.32 ± 0.03
Cenizas, % p/p	0.61 ± 0.03

Los resultados del análisis fisicoquímico y bromatológico del suero sin ser sometido al tratamiento con microorganismos eficientes coinciden con los rangos reportados en investigaciones anteriores<sup>17</sup>.

#### **Tratamiento en presencia de microorganismos eficientes (EM):**

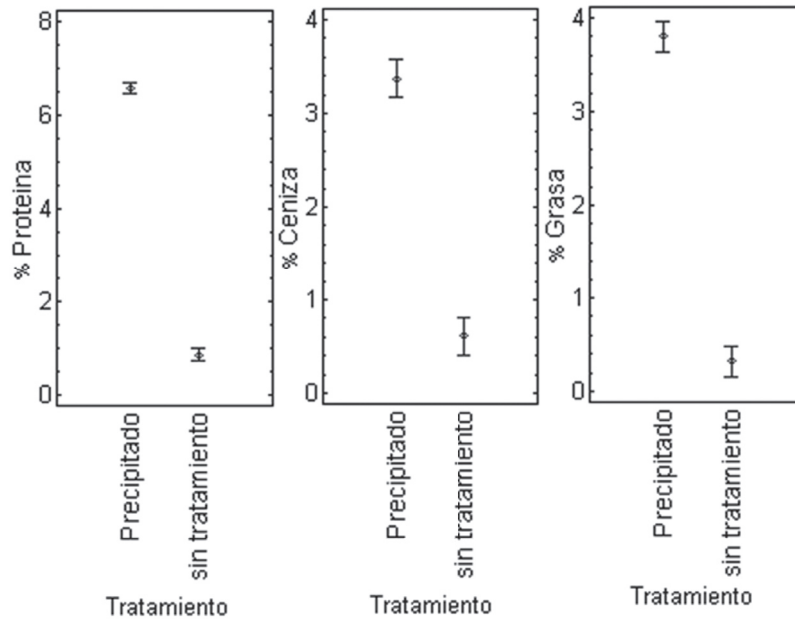
El suero es sometido a la acción de los microorganismos eficientes que propician la separación de dos fases (fase inferior ó precipitada y fase superior ó líquida). El porcentaje de rendimiento de fase inferior objeto de estudio es de 7.10%.

La acción de las bacterias ácido lácticas se refleja en la variación de la cantidad de proteína en la fase inferior, como se observa en la tabla 2.

La figura 1 presenta los valores medios con intervalos LSD (95%) de los parámetros: %proteína, %ceniza y %grasa para el suero inicial sin tratamiento y para la fase inferior o precipitada.

**Tabla 2. Caracterización de la fase sólida o precipitada resultante del tratamiento del suero con EM**

Análisis	Porcentaje, %
Proteína	6.58 ± 0.15
Grasa	3.8 ± 0.2
Cenizas	3.34 ± 0.26



**Figura 1. Proteína, ceniza y grasa Vs tratamiento, Intervalos LSD**

El análisis de varianza evidencia que las variables respuestas (%proteína, %ceniza y %grasa) presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la variable independiente “tratamiento”.

Los microorganismos eficientes precipitan las proteínas presentes en el suero que no reaccionaron inicialmente con el cuajo durante la elaboración del queso, principalmente las proteínas lactoséricas<sup>18</sup>. Adicionalmente el porcentaje de proteína de 0.86 ± 0.04% en el suero sin tratamiento se incrementa hasta 6.58 ± 0.15% en la fase precipitada. Esto se debe a la capacidad que tienen los microorganismos eficientes de absorber nitrógeno, que se encuentra en forma de sales en el suero. El nitrógeno es metabolizado por los microorganismos propiciando una reacción de sustitución, donde los grupos hidroxílicos de las moléculas polilácticas son reemplazadas por grupos aminos, aumentando la cantidad de nitrógeno proteico en la fase sólida o precipitada, de igual forma como actúan en los suelos<sup>19,20,3</sup>.

El porcentaje de grasa en la fase precipitada aumenta por la acción del tipo de microorganismos eficientes del tipo lactobacillus y el tratamiento térmico, este resultado se refleja de forma similar en el aumento del porcentaje de cenizas al concentrarse los macrocompuestos presentes en la fase precipitada.

La fase líquida fue analizada desde el punto de vista de la demanda química de oxígeno, ya que este es uno de los parámetros a nivel ambiental más controlados, en especial en la industria láctea donde los valores de DQO oscilan entre 50.000 y 80.000 mg/L<sup>21</sup>. El valor de DQO en la fase superior o líquida encontrado es  $808.67 \pm 0.03$  mg/L, mostrando una remoción de 98% aproximadamente y disminuyendo el riesgo de convertirse en un contaminante ambiental. Estos resultados se relacionan directamente con la ausencia de olores desagradables en el suero después del tratamiento.

## CONCLUSIONES

Los microorganismos eficientes son una alternativa en la industria de lácteos para el tratamiento del suero producido como residuo en la industria quesera, en especial en la empresa del norte antioqueño objeto del estudio.

Los EM permiten recuperar 7.10% del residuo de lactosuero con un aumento y concentración en la cantidad de proteína de la fase precipitada, convirtiéndose en una alternativa como materia prima para la elaboración de concentrados para animales y/o productos alimenticios para la nutrición humana.

La remoción de la demanda química de oxígeno en la fase líquida se alcanza en un porcentaje significativo, facilitando el vertimiento o disposición de este residuo líquido sin generar riesgos de contaminación ambiental.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Laboratorio de Química y estudiantes de Biotecnología 01-2009 de la Corporación Universitaria Lasallista.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BUENDÍA, Inmaculada M., et al. Feasibility of anaerobic co-digestion as a treatment option of meat industry wastes. En: Bioresource Technology. March, 2009, vol. 100, no. 6, p. 1903–1909.
2. GONZÁLEZ SISO, M.I. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. En: Bioresource Technology. 1996, vol. 57, no. 1, p. 1-11.

3. URIBE, José F., et al. Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2001, vol. 14, no. 2, p. 164-172.
4. MUÑOZ, Ángel, et al. Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. En: Revista científica. 2005, vol. 15, no. 4, p.361-367.
5. BRIAO, V.B. Procesos de separação por membranas para reuso de efluentes de laticinios. Tesis de Doutorado. Brasil: UEM, Maringá. Departamento Engineering Chemical. 2007.
6. BARTON, J.R., ISSAIAS, I. and STENTIFORD, E. Carbon-Making the right choice for waste management in developing countries. En: Waste Management. November, 2008, vol. 28, no. 4, p.690-698.
7. ARANGO RUIZ, Alvaro de Jesús y GARCÉS GIRALDO, Luis Fernando. Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea por electrocoagulación. En: Ingeniería Química. 200, no. 458, p. 180-186.
8. GIZEN, H. Anaerobic wastewater treatment: An important step in rational re-use strategies of nutrients and energy. En: Seminario Taller Latinoamericano sobre el Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales. (4: Bucaramanga, Colombia). Memorias. Bucaramanga. 1996.
9. ARTAVIA PORRAS, Walner. Elaboración de queso ricotta a partir de suero lácteo. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Guácimo Costa Rica: Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmerda, 1996. 54 p.
10. CHOLLANGI, A.H. Separation of proteins and lactose from dairy wastewater. En: Chemical Engineering and Processing. May, 2007, vol. 46, no. 5, p. 398-404.
11. RODRÍGUEZ S, Manuel. Microorganismos Eficientes (EM)? [en línea]. Bogotá: Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. [citado 4 noviembre 2009]. Disponible en: [http://aia.uniandes.edu.co/Documentos/ARTICULO%20EM%20\\_Manuel%20R..pdf](http://aia.uniandes.edu.co/Documentos/ARTICULO%20EM%20_Manuel%20R..pdf).
12. ARELLANO ARRIAGA, A. y SORIANO PÉREZ, S. Obtención de ácido láctico a partir de suero de leche con Lactobacillus casei. [en línea]. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. [citado 9 noviembre 2009]. Disponible en: <http://www.coecyt-coah.gob.mx/206%5C1%5C350%5C2009%5C2%5C20%5CUASLP%20Arellano%20Arriaga.pdf>

13. HORWITZ, William. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg:AOAC International, 2007.
14. AOAC INTERNATIONAL. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC. 991.20 - FIL 20B 1993
15. PINTO, M., VEGAY LEON, S.Y PEREZ, N. Métodos de análisis de la leche y derivados. Valdivia, Chile: Imprenta Universitaria, S.A., 1998. 489 p.
16. ASSOCIATION OFFICIAL ANALYSIS CHEMICAL. AOAC INTERNATIONAL. Determinación de cenizas: método gravimétrico. 15<sup>th</sup> ed. Washington: Official method 935.42.
17. MIRANDA MIRANDA, Oscar, et al. Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de queso. características distintivas y control de calidad. En: Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. 2007, vol. 17, n. 2, p.103-108.
18. ROBINSON, B. P., SHORT, J. L. and MARSHALL, K. R. Traditional lactalbumin manufacture, properties and uses. En: New Zealand Journal. Dairy Science. Technology. 1976, no. 11, p.114-126.
19. HODGE, Angela., ROBINSON, David and FITTER, Alastair. Are microorganisms more effective than plants at competing for nitrogen?. En: Trends in Plant Science. July, 2000, vol. 5, no. 7, p.304-308.
20. AGROINDUSTRIAL. Terra Biosa-Microorganismos eficientes. [en línea]. [citado 6 noviembre 2009]. Disponible en: <http://www.agroindustrial-amc.com/files/Terra%20Biosa%20en%20agricultura,%20establos%20y%20corrales.htm>
21. SADDOUD, Ahlen, HASSAIRI, Ilem and SAYADI, Sami. Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey. En: Bioresource technology. August, 2007, vol. 98, no. 11, p. 2102-2108.