

La industria de la LECHE

y la contaminación del AGUA

Elizabeth
**Valencia
Denicia**

y María Leticia
**Ramírez
Castillo**

IMPACTO AMBIENTAL: LA PROBLEMÁTICA

La importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en la sociedad la búsqueda de soluciones para cuidarlos y recuperarlos con el fin de que sean aprovechados por los seres vivos. El agua es un recurso de vital importancia en la vida del hombre por lo que su conservación debe ser uno de los principales objetivos. En la mayoría de los países desarrollados se tratan las aguas residuales en un porcentaje elevado, en 1991 la Unión Europea creó un plan para el tratamiento de aguas residuales urbanas teniendo como resultado que el 60% de la población estuviera conectado a algún sistema de depuración; para el año 2005 esta cifra pasó a ser del 92%. Desafortunadamente en México sólo el 20% del agua recibe tratamiento, por tanto una inmensa cantidad de agua contaminada se vierte a nuestros lagos o lagunas y zonas costeras sin ningún tratamiento previo.^{1,2} El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o efluente tratado que sea reutilizable en el ambiente. Es importante conocer el origen del vertido (industrial, doméstico, comercial, etc.) para valorar la cantidad de contaminantes e incidencia en el medio. Las aguas residuales pueden contener contaminantes como: grasas, aceites, metales pesados, residuos de materia fecal entre otros. La evaluación de la calidad de agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). La

DBO y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales municipal y no municipal. La DBO determina la cantidad de materia orgánica biodegradable, la DQO mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en el agua con la consecuente afectación de los ecosistemas acuáticos. Los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo; el incremento de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales así como áreas con deforestación severa. La industria láctea genera cantidades significativas de residuos líquidos, mayormente leche diluida, leche separada, crema y suero, incluyendo grasas, aceites, sólidos suspendidos y nitrógeno. La descarga de éstos sin tratamiento previo se convierte en un foco contaminante. Los lavados contienen residuos alcalinos y químicos utilizados para remover la leche y los productos lácteos; así como materiales total o parcialmente caramelizados de los tanques, tambos, latas mantequeras, tinas, tuberías, bombas, salidas calientes y pisos. En España, el Instituto Tecnológico Agroalimentario (INIA) ha estimado que la relación de litros de agua residual por litro de leche procesada es de 1 a 4. Los vertidos procedentes de restos de leche, lactosuero (contiene el 50% de nutrientes del producto inicial) y salmueras aumentan considerablemente la carga contaminante del vertido final. Se debe considerar que posiblemente en México la relación sea mayor por la menor tecnificación que se tiene en la producción de derivados lácteos y, de igual manera, las pérdidas de leche sean mayores.

COMPOSICIÓN DE LA LECHE Y DEL LACTOSUERO

La leche es uno de los alimentos más completos que existe en la naturaleza por su alto valor nutritivo. Está

compuesta principalmente por agua, materia grasa, proteínas, carbohidratos (lactosa), calcio, minerales y sal. Contiene un 87% de agua por lo que es una mezcla muy compleja y heterogénea en la cual los minerales y los carbohidratos se encuentran disueltos, las proteínas están en forma de suspensión y las grasas como pequeñas partículas insolubles en agua.

El lactosuero, suero lácteo o suero de queso es el líquido que se separa de la leche cuando ésta se coagula para la obtención del queso, son todos los componentes de la leche que no se integran en la coagulación de la caseína. Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso y un promedio de 8 a 9 kg de suero. Al representar cerca del 90% del volumen de la leche, contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de ésta, el 95% de lactosa (azúcar de la leche), el 25% de las proteínas y el 8% de la materia grasa de la leche. Su composición varía dependiendo del origen de la leche y el tipo de queso elaborado, pero en general el contenido aproximado es de 93.1% de agua, 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas (minerales), 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y vitaminas hidrosolubles. Cerca del 70% de la proteína cruda que se encuentra en el suero corresponde a proteínas con un valor nutritivo superior al de la caseína, como son β -lactoglobulina, α -lactoglobulina, inmunoglobulinas, proteasa-peptonas y enzimas nativas. De acuerdo a su acidez, el suero se divide en dulce (pH mayor de 8), medio ácido (pH 5-5.8) y ácido (pH menor a 5). En México, el suero que se produce es dulce y medio ácido.^{3,4}

Los porcentajes anteriores nos indican el enorme desperdicio de nutrientes en la fabricación del queso. Las proteínas y la lactosa se transforman en contaminantes cuando el líquido es arrojado al ambiente sin ningún tipo de tratamiento, ya que la carga de materia orgánica que contiene permite la reproducción de microorganismos produciendo cambios significativos en la DBO del agua contaminada.

PRODUCCIÓN DE LECHE Y LACTOSUERO

La producción mundial de leche en el año 2006 fue de 420 mil millones de toneladas métricas, representando un incremento de 1.9% respecto del año anterior. El

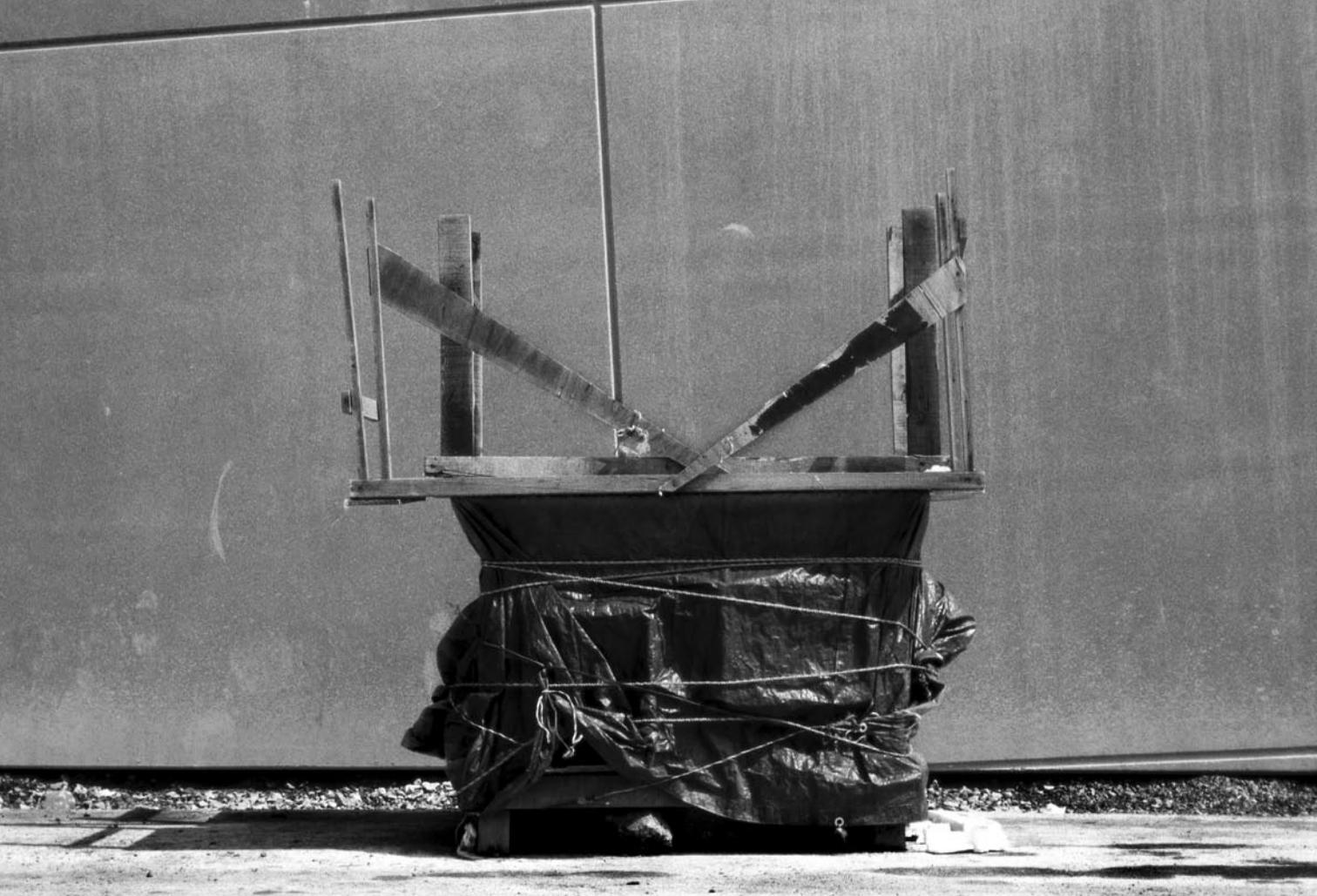


© Raymundo Sesma. De la serie *Intempo reale*, 1999-2009.

grupo de los 25 países que componen la Unión Europea aporta el 31% de la producción, le siguen los Estados Unidos con casi 83 millones de toneladas, con un 19% del total; Asia registra uno de los cambios más importantes destacándose China con un incremento del 19% en producción, mientras que conjuntamente con India van teniendo una participación creciente en el mundo, tal como lo demuestra el hecho de que aportan un 17% del total. Los países de Oceanía en conjunto presentan el 3%; con relación a América, Brasil es el mayor productor, con casi 25 millones de toneladas. En México, la producción es de 10,100 millones de toneladas.

En el Estado de Puebla existen 187 mil 962 cabezas de bovinos lecheros con una producción promedio diaria de leche de 1,221,449 litros y anual de 372.5 millones de litros, ocupando el décimo lugar de producción de nuestro país hasta diciembre de 2007. El 30% se destina a la venta de acopiadores para la elaboración de quesos, otro 30% se consume como leche bronca, el 35% se vende a plantas de proceso a otros estados y sólo el 5% es industrializado por el propio productor. La leche es la base de numerosos productos lácteos, como la mantequilla, el queso y el yogur, éstos son

utilizados en las industrias agroalimentarias, químicas y farmacéuticas. Los países productores de queso y por ende de lactosuero más importantes son Estados Unidos, Francia, Alemania e Italia. La producción mundial anual de suero lácteo es de aproximadamente 145 millones de toneladas, de las cuales 6 millones son de lactosa.⁵ El éxito de los productos lácteos y la obtención de nuevos productos ha aumentado la producción de lactosuero, la cual se incrementa año con año, situación de la que nuestro país no es la excepción. El suero producido en México es de cerca de 1 millón de toneladas y contiene 50 mil toneladas de lactosa y 5 mil toneladas de proteína verdadera. A pesar de esta riqueza nutricional, potencialmente utilizable, el 47% de lactosuero es descargado al drenaje y llega a ríos y suelos, causando un problema serio de contaminación. La descarga continua de suero en estos ecosistemas altera sus propiedades fisicoquímicas. En el caso de los suelos, disminuye el rendimiento de las cosechas, pero además se observa el fenómeno de lixiviación. Este fenómeno se presenta porque el lactosuero contiene nitrógeno



© Raymundo Sesma. De la serie *In temporeale*, 1999-2009.

soluble en agua, el cual es arrastrado a través de diversas capas llegando hasta los mantos freáticos y convirtiéndose en un peligro para la salud de los animales y humanos.

Una industria quesera media que produzca diariamente 40,000 litros de suero sin depurar genera una contaminación diaria similar a una población de 1,250,000 habitantes. Por ello es importante que las industrias lácteas utilicen el lactosuero con el fin de no contaminar el ambiente.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA

El propósito del tratamiento de las aguas residuales es remover los contaminantes que perjudican el ambiente acuático y, en general, a los seres vivos, antes de que lleguen a los suelos, ríos, lagos y posteriormente a los mares. El tratamiento es una combinación de

procesos físicos, químicos y biológicos que se clasifican en: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y terciario.

El pretratamiento consiste en separar sólidos gruesos que pueden provocar taponamiento; el tratamiento primario separa las partículas en suspensión que no son retenidas por el pretratamiento; en el tratamiento secundario o biológico se utilizan microorganismos que eliminan materia orgánica disuelta; por último, en el tratamiento terciario se adicionan compuestos químicos para su desinfección.

La alta capacidad contaminante del suero de leche, con una DBO que varía entre 30,000 a 50,000 mg/l, además de la cantidad de ácido láctico presente en él, va a alterar significativamente los procesos biológicos que se llevan a cabo en las plantas de tratamiento aumentando los costos. Para el tratamiento de suero lácteo, preferentemente se aplican tratamientos biológicos antes de que sea vertido a los suelos y ríos, es por ello que se plantean procesos convencionales y no convencionales.

Los procesos convencionales depuran las aguas residuales y no el suero en sí. Los procesos no convencionales aíslan en una primera etapa las corrientes residuales sin mezclarlas con corrientes indeseables, su objetivo es utilizar el residuo industrial para obtener diversos productos de fermentación. El uso de levaduras y bacterias lácticas es común en estos procesos de producción, con la ventaja de que se disminuye la cantidad de contaminantes facilitando la eliminación final de efluentes industriales.

OTRAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

La capacidad contaminante y el valor nutritivo del lactosuero han llevado al desarrollo de tecnologías para su aprovechamiento. En Argentina se producen aproximadamente 450,000 toneladas de suero líquido por año, de los cuales el 62% es utilizado en la alimentación animal, el 33% es transformado como derivados de lactosa, caseínas, caseinatos y concentrados proteicos, el 4% se convierte en suero en polvo y sólo el 1% es tratado como efluente. En nuestro país no existen datos concretos de la utilización del suero, se estima que se aprovecha sólo cerca el 10%. Las alternativas de aprovechamiento del lactosuero pueden ser:

- Procesos fermentativos. El lactosuero puede ser utilizado como medio de cultivo para la producción de biomasa (proteína unicelular como la levadura para panificación), metabolitos (lípidos, pigmentos, alcoholes, ácidos orgánicos, biopolímeros) y enzimas. En este medio la lactosa es la principal fuente de carbono para los microorganismos, incluso se ha utilizado para células vegetales. Además, el lactosuero suele emplearse para la conservación y propagación de cultivos lácticos o en la elaboración de bebidas fermentadas.

- Elaboración de bebidas. También se ha estudiado la elaboración de bebidas o fórmulas lácteas con valor nutritivo similar al de la leche y con características agradables al consumidor. Estas bebidas tienen un gran potencial para utilizarse en programas gubernamentales dirigidos a la población de escasos recursos.

- Producción de biofertilizantes. Estos abonos además de nutrir eficientemente los cultivos, se convierten en un restaurador de la flora microbiana del ecosistema del cultivo, además el ácido láctico presente

ayuda a eliminar bacterias patógenas. Este biofertilizante puede sustituir a los abonos químicos.

- Tecnología de empaques. El lactosuero se usa para producir por vía fermentativa un ingrediente antimicrobiano utilizado en la elaboración de empaques comestibles. De esta forma se obtienen películas biodegradables con actividad antibacteriana, esta película alarga la vida de anaquel, aumentando la caducidad y conservación de los alimentos.⁶

CONCLUSIONES

Existe la tendencia a pensar que los nutrientes crean un bienestar en el ambiente, sin embargo al aumentar su concentración en ecosistemas, como los ríos, provocan un desequilibrio. Las aguas residuales de la industria de los lácteos son una fuente de contaminación importante, es por ello que se debe llevar a cabo su tratamiento. Se han desarrollado tecnologías alternativas para la reutilización del lactosuero en la elaboración de productos alimenticios con resultados exitosos. Debemos tomar en cuenta que la ciencia y la tecnología no sólo afectan al ambiente, también tienen el compromiso de restaurarlo y conservarlo, en este caso desarrollando nuevos productos en beneficio de la sociedad.

R E F E R E N C I A S B I B L I O G R Á F I C A S

- ¹ CONAGUA. "Estadísticas del agua en México", México, DF (2007) 9-258.
- ² INE, BASE. Estadísticas e indicadores del agua. *Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadística*, México (2008) 1-12.
- ³ García GM, Revah MS, Gómez RL. "Productos lácteos" en García Garibay M, Quintero Ramírez R, López-Munguía Canales A (edit.), *Biología Alimentaria*, Limusa Noriega Editores, México (1993) 153-223.
- ⁴ Kirk RS, Sawyer R, Egan H. "Composición y análisis de alimentos de Pearson", CECSA, México (2005) 583-632.
- ⁵ Carrillo AJL. Tratamiento y reutilización del suero de leche. *Revista Con-versus* 10, IPN, México (2002) 27-30.
- ⁶ Elaboran con suero empaque comestible. *El Sol del Bajío* (12 de marzo 2007).

Elizabeth Valencia Denicia, Maestría en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Puebla; María Leticia Ramírez Castillo, Departamento de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica. email: denicia_val@yahoo.com.mx