



## Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos

Characterization of water quality parameters to reduce pollution during the processing of milk

Edwin Santamaría Freire <sup>a, \*</sup>, Fernando Álvarez Calvache <sup>b</sup>, Edwin Santamaría Díaz <sup>b</sup>, Marco Zamora Carrillo <sup>b</sup>

a. *Master en Estadística Aplicada, Docente Investigador, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, Cód. 180208, Río Payamino y Av. Los Chasquis*

b. *Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.*

\* Autor para correspondencia: [edwinjsantamaria@uta.edu.ec](mailto:edwinjsantamaria@uta.edu.ec) (E. Santamaría).

Recibido 12 Abril 2015; Aceptado 19 Mayo 2015

### RESUMEN

La industria láctea es de gran importancia para el sector agrícola y ganadero de la Provincia de Tungurahua, donde se presenta problemas de contaminación, principalmente por los procesos de tratamiento del agua inadecuados, lo que ocasiona que la composición física, química y biológica del agua cambie. Sin que reúna las condiciones mínimas para el consumo humano o el uso en actividades agrícolas. Por lo cual se plantea como objetivo estudiar la contaminación del agua desalojada por las empresas lácteas y los cambios en los parámetros de calidad en la descarga en los sumideros.

**Palabras clave:** Caracterización, calidad del agua, contaminación, procesamiento lácteo.

### ABSTRACT

By the dairy industry of great importance to the agricultural and livestock sector in the province of Tungurahua, pollution problems is presented mainly by the processes of treatment of inadequate water, which causes physical, chemical and biological composition of water changes. Without meeting the minimum conditions for human consumption or use in agricultural activities. Wherefore He therefore seeks to study pollution of water displaced by the dairy companies and changes in the quality parameters in the discharge sinks.

Comparing the incoming water for processes and which is dislodged from the different production lines, later physical-chemical and microbiological analysis applies where it is determined that water pollution and therefore characterization is did water changes dramatically because of dairy processing.

**Keywords:** characterization, water quality, pollution, dairy processing.

### 1. Introducción

La Contaminación del Agua es causada por las actividades del hombre siendo un fenómeno ambiental de importancia, iniciado desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial (Castillo y Palacios, 2013). El 65% de las aguas de

los ríos de la sierra ecuatoriana están contaminadas porque reciben las aguas servidas de las ciudades, tienen residuos de insecticidas, detergentes y desechos orgánicos. El líquido de los ríos contiene: boro, cromo, cal, ácido fórmico, sulfato de amonium, aceites, grasas, fungicidas, pesticidas, sosa caustica, sulfato cúprico, ácido

sulfúrico, fosfatos, cromo y coliformes. Con esta agua, se riegan 300 hectáreas de cultivos (El heraldo, 2009).

La base legal para la producción de la calidad de las aguas en el Ecuador se fundamenta en la Ley de Aguas, que establece: “Prohíbese la contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna” (Consejo Provincial de Tungurahua, 2010) y designa para la aplicación de esta política al ex INERHI, hoy Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y de las demás Entidades Estatales.

El Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) reúne los criterios generales de descarga de efluentes, manejo de desechos e indicadores máximos permitidos de diferentes compuestos (Sistema Único de Manejo Ambiental, 2010), el mismo está dentro de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, del Ministerio de Medio Ambiente, en el mismo documento manifiesta los tipos de sanciones y plazos para la implementación de sistemas de tratamiento de desechos dentro de las empresas.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Pudiendo ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías a una planta de tratamiento municipal (Ingeniería de aguas residuales, 2009). El agua residual, debe de ser recolectada y tratada (Pastor, 2008). Las mismas contienen 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) (Valencia, 2010). Una vez tratada el agua se puede reutilizar en servicios

complementarios al proceso. Así mismo, deberá incluir pruebas a nivel de planta piloto de otros métodos de tratamiento como por ejemplo trampas de grasa, procesos físico-químicos y biológicos, que pueden llegar a ser alternativas de tratamiento menos costosas que los lodos activados (Pastor, 2008).

En la industria láctea, los principales procesos contaminantes son la producción de quesos, cremas y mantequilla, el proceso de lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina. Se estima que el suero generado en la elaboración de quesos tiene una DBO<sub>5</sub> del orden de 40,000.00 – 50,000.00 mg/l (Grupo Aqua Limpia, 2010). 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 (Valencia, 2010). 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, es decir 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 (Valencia, 2010).

La investigación exploratoria ha permitido establecer diálogos con empresarios de la industria láctea en la zona de Píllaro, Provincia de Tungurahua, donde indican de la problemática: la contaminación del agua es por desconocimiento de los efectos de la descarga de aguas residuales causada por el escaso control por parte de las autoridades de medio ambiente, además, el desinterés por estudiar el impacto ambiental de las aguas residuales provoca escasos recursos económicos para implementar departamentos de impacto ambiental.

Debido a la explosión demográfica presente en la actualidad, las industrias especialmente las alimenticias se encuentran en constante innovación para incrementar sus actividades productivas, por lo que su ampliación dentro y fuera del país ha incrementado la contaminación generada a partir de sus procesos (Castillo y Palacios, 2013). Los principales contaminantes derivados de la actividad de procesamiento de leche: La contaminación causada al medio ambiente y al personal que se dedica a la actividad lechera, se puede resumir en la generación de efluentes (Romero, 2009).

A partir de lo cual se formula el cuestionamiento de investigación: ¿La contaminación del agua desalojada del procesamiento lácteo ocasiona cambios en los parámetros de calidad del agua en ausencia de tratamiento de sus aguas?

El problema de contaminación se da por exceso de nutrientes en abundancia donde crecen plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido (Nerín de la Puerta, 2008). El agua se vuelve turbia y verdosa, y aparecen bacterias aerobias que consumen el oxígeno de las aguas para oxidar la materia orgánica, la materia vegetal (Lara, 1999). Esto conlleva una disminución alarmante de los niveles de oxígeno disuelto en el sistema acuático y por lo tanto, la muerte de otros seres vivos, como los peces, por asfixia. Se llega, por tanto, a condiciones anaerobias y se desarrollan procesos fermentativos de los cuales se origina SH<sub>2</sub> (sulfhídrico) y NH<sub>3</sub> (amoníaco), responsables de mal olor en estos sistemas acuáticos (Ingeniería de aguas residuales, 2009).

De ello se forma el objetivo: estudiar la contaminación del agua desalojada por las empresas lácteas y los cambios en los parámetros de calidad en la descarga en los sumideros.

### **Producción más limpia**

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) indica que la Producción Más Limpia es la aplicación continua de estrategias ambientales preventivas integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente (Sáenz, 2010).

La contaminación del agua es la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad. La contaminación de cauces receptores superficiales y subterráneos tienen su origen en: la precipitación atmosférica; la escorrentía agrícola y de zonas verdes; la escorrentía superficial de zonas urbanas; los vertidos de aguas procedentes del uso doméstico; la descarga de vertidos industriales (Matute, 2000), el proceso de lodos activados tiene como objetivo la remoción de materia orgánica, en términos de DQO, de las aguas residuales (Torres, 2008) siendo un proceso adecuado para dicha mejorar los niveles de contaminación.

### **Contaminación en la producción de leche**

La leche es un excelente medio de cultivo para numerosos microorganismos por su elevado contenido de agua, pH casi neutro y su riqueza en alimentos para los microorganismos. Posee una gran cantidad de elementos energéticos en forma de azúcar (lactosa), grasa y citrato, además de compuestos nitrogenados (Fraizier, 1976). Los productos alimenticios son sustancias destinadas a satisfacer las necesidades nutritivas o a ser consumidos por placer pudiéndose

encontrar en estado natural, o transformados, y en forma de comida o bebida (Spreer, 1991).

La variedad de productos, los métodos de producción, hace que las aguas residuales, de la industria láctea, tenga características muy variables, ya que según el producto que se elabore afecta considerablemente la carga contaminante (Matute, 2000). En las plantas procesadoras de queso y natilla, se estima la carga contaminante de entrada del sistema: DBO 12,095.00 mg/litro, DQO 17,278.00 mg/litro, SS 9,800.00 mg/litro, ST 12,400.00 mg/litro (Matute, 2000).

Dependiendo del tipo de instalación, el sistema de limpieza, la cantidad total de agua consumida en el proceso puede llegar a superar varias veces el volumen de leche tratada. Este consumo suele encontrarse entre 1.3 – 3.2 L. de agua/Kg de leche recibida, pudiéndose alcanzar valores tan elevados como 10 L. de agua/Kg. Sin embargo, es posible optimizar este consumo hasta valores de 0.8 – 1.0 L de agua/kg. leche recibida utilizando equipamientos avanzados y un manejo adecuado (Centro de Actividad Regional de la producción, 2002). A pesar del mayor consumo de agua, las cargas de DBO5 en el sector lácteo están por sobre los rangos observados a nivel mundial, observándose valores medios entre 1,000.00 y 3,000.00 mg/L. Las industrias con torres de secado llegan a valores del orden de 7,000.00 mg/L y las industrias queseras del orden de 6,000.00 mg/L (Fabricación de Productos Lácteos, 1998).

En la industria láctea se utiliza gran cantidad de agua en el proceso productivo, el consumo de agua aproximadamente en relación al producto elaborado es:

- Leche: 3.5 litros de agua/L de leche
- Quesos: 8 litros de agua/L de leche
- Mantequilla: 3 litros de agua/L de leche

También, se emplea gran cantidad de agua en la limpieza de las instalaciones, además de detergentes, ácido nítrico y sosa (Unión Europea, 2006).

La mayoría de los componentes de los efluentes de esta industria los constituyen: grasa de la leche, proteínas, lactosa y ácido lácteo, así como también sodio, potasio y calcio. La pérdida de leche por efluentes puede ascender de 0.5 a 2.5 % de la leche que entra al proceso, pero en algunas ocasiones alcanza valores de 3 a 4 %. (Internacional Finance Corporation, 2007).

El problema medioambiental más importante de la industria es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica). En cuanto al volumen de aguas residuales generado por una empresa láctea se pueden encontrar valores que oscilan entre 2 y 6 lt/L leche procesada. Las aguas residuales generadas en una empresa láctea se pueden clasificar en función de: procesos y limpieza, y refrigeración (Internacional Finance Corporation, 2007)

Los efluentes líquidos de una industria láctea presentan las siguientes características (Centro de Actividad Regional de la producción, 2002):

- Alto contenido en materia orgánica, debido a la presencia de componentes de la leche. La DQO media de las aguas residuales de una industria láctea se encuentran entre 1,000.00 – 6,000.00 mg DBO/L.
- Presencia de aceites y grasas, debido a la grasa de la leche y otros productos lácteos, como en las aguas de lavado de la mazada.
- Niveles elevados de nitrógeno y fósforo, principalmente debidos a los productos de limpieza y desinfección.
- Variaciones importantes de pH, vertidos de soluciones ácidas y básicas. Principalmente procedentes

de las operaciones de limpieza, pudiendo variar entre valores de pH 2-11.

- Conductividad elevada (especialmente en las empresas productoras de queso debido al vertido de cloruro sódico procedente de salado del queso).
- Variaciones de temperatura (considerando las aguas de refrigeración).

Las pérdidas de leche, que pueden llegar a ser del 0.5 -2.5 % de la cantidad de leche recibida o en los casos más desfavorables hasta del 3-4%, son una contribución importante a la carga contaminante del efluente final. Un litro de leche entera equivale aproximadamente a una DBO5 de 110,000.00 mg/L y una DQO de 210,000.00 mg O<sub>2</sub>/L (Centro de Actividad Regional de la producción, 2002).

#### **Características físico químicas**

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. DQO mide la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (Romero, 2002).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno consumida durante un tiempo determinado, a temperatura dada, para descomponer por oxidación las materias orgánicas del agua con ayuda de las bacterias. Es una medida de la contaminación de un líquido al ser vertido a un cuerpo de agua. Si DBO es alta indica una rica fuente de alimentos, en DBO demasiado elevado el cuerpo receptor no es capaz de diluirlo hasta alcanzar un nivel seguro y el oxígeno disuelto disminuye de tal forma que los peces y otros organismos acuáticos mueren asfixiados (Recal, 2005).

Potencial hidrógeno (pH) se usa para expresar la intensidad de la condición

ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total. En las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean procesos biológicos, el pH debe controlarse dentro de un intervalo favorable a los organismos (Romero, 2002).

Las grasas y los aceites son uno de los problemas principales en la disposición de lodos crudos sobre el suelo; por ello, uno de los objetivos de la digestión de lodos es la reducción de los mismos. Además, estos afectan adversamente la transferencia de oxígeno del agua a las células e interfieren con su desempeño dentro del proceso de tratamiento biológico aeróbico. La rotura de las emulsiones aceitosas puede requerir acidificación o agregación de coagulantes (Romero, 2002).

Los compuestos del nitrógeno son de gran interés para los ingenieros ambientales debido a su importancia en los procesos vitales de todas las plantas y animales. La química del nitrógeno es compleja a causa de los diversos estados de valencia que puede asumir este elemento y al hecho de que los cambios en la valencia los pueden hacer organismos vivos (Romero, 2002).

Los sulfatos es un anión presente en las aguas naturales, en concentraciones que varían desde unos pocos hasta varios miles de mg/L., se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L de sulfatos (Romero J. 2002).

Los sólidos totales clasifican toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. Los sólidos sedimentables se aplican a los sólidos en suspensión que se sedimentarán, por acción de la gravedad. El nitrógeno de nitritos raras veces aparece en concentraciones mayores de 1mg/L (Romero, 2002). Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente, para su remoción, oxidación, oxidación biológica o coagulación y sedimentación. Los sólidos suspendidos

o no disueltos constituyen la diferencia entre los sólidos totales de la muestra filtrada y los sólidos de la muestra filtrada (Romero, 2004).

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación (Romero, 2002).

El hierro puede existir con cianuro y formar compuestos muy estables que hacen extremadamente difícil el tratamiento, tanto del hierro como del cianuro, sin que se logre rendimientos adecuados (Romero, 2004). Los cloruros en aguas residuales es un parámetro relacionado con su reutilización (Tchobanoglous, 2000).

La temperatura del agua en operaciones de manufactura es más cálidas que las de abastecimiento, a mayor temperatura la digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden (cuando alcanza los 50 °C. y menor a 5 °C.). La acidez se relaciona con la capacidad cuantitativa de neutralizar una base fuerte a un pH de 8.2. Se origina en la disolución de CO<sub>2</sub> atmosférico, su efecto corrosivo en aguas residuales capaz de alterar la flora y fauna de fuentes receptoras (Romero, 2004).

La turbidez es la propiedad causada por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra que puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño y otras partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos (Centro de Actividad Regional de la producción, 2002). El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales.

El grupo coliforme como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a

temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β-galactosidasa. Entre ellos se encuentran los diferentes *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Los coliformes fecales soportan temperaturas altas hasta de 45 °C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad, ya que son de origen fecal (Carillo y Lozano, 2008).

El color del agua es por la presencia de hierro y magnesio coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el Al<sup>+++</sup> o el Fe<sup>+++</sup> (Romero, 2002).

Los olores de las aguas residuales constituyen una de las principales objeciones ambientales y su control en plantas de tratamiento es muy importante. Entre los problemas atribuibles a los olores ofensivos se señalan pérdida del apetito por los alimentos, menor consumo de agua, dificultades respiratorias, náusea, vómito (Romero, 2004). El aspecto de la luz incide por la suspensión de partículas en solución acuosa, éstas pueden remitirla, en varias direcciones, con la misma longitud de onda de la luz incidente (Romero, 2002). Los detergentes, agentes tensoactivos o agentes superficiales activos, son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceites, que tiene la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se hallan disueltos,

cuando se acumula en la interfaz aire-agua, gracias a la presencia de proteínas, partículas sólidas finas y sales minerales disueltas e inhiben la actividad biológica y disminuye la solubilidad del oxígeno (Romero, 2004).

### **Aguas residuales de procesos industriales**

Dada la presencia de sólidos de la leche las aguas residuales procedentes de las instalaciones de procesamiento de productos lácteos pueden registrar un contenido orgánico y una demanda biológica (DBO) y química (DQO) de oxígeno considerables.

Asimismo, la existencia de grandes cargas orgánicas, la salazón durante la producción de queso afecta la salinidad, ácidos, álcali, cloro, peróxido de hidrógeno y amonio cuaternario entre otros (Internacional Finance Corporation, 2007).

El volumen de lactosuero generado en la elaboración de queso es aproximadamente nueve veces la cantidad de leche tratada, con una carga orgánica muy elevada (DQO de 60,000.00mg/O<sub>2</sub>/L) por lo que su vertido junto con las aguas residuales aumenta considerablemente la carga contaminante del vertido final (Canales, 2003).

Los vertidos líquidos son el aspecto que presenta mayor incidencia medio-ambiental debido al alto volumen de aguas residuales generado (consumos de agua de 2 a 5 veces el volumen de leche tratada) y a su marcado carácter orgánico. El volumen de los efluentes y su contenido en materia contaminante son variables, según la naturaleza de la fabricación, las técnicas de trabajo y de cómo se realicen las operaciones de limpieza (AINIA, 2010). Los productos lácteos pueden contener azúcar, sal, colorantes, estabilizantes, etc., todos estos componentes aparecen en las aguas residuales en mayor o menor cantidad (Canales, 2003).

## **2. Materiales y métodos**

La investigación partió desde el empirismo, es decir considera el contacto con la realidad para generar conocimiento, desde la observación se construye ideas que deben ser validadas estadísticamente con las expresiones teóricas. De este modo se hace posible medir las hipótesis que han guiado el trabajo (Hernandez, 2010). Se utiliza el enfoque de carácter cualitativo y cuantitativo, por lo que se identificó el grado de contaminación del agua como producto de la actividad industrial en la empresa, considerando también la calidad de agua que ingresa para así determinar la contaminación que produce y establecer las condiciones en las que se elimina, en los estudios mixtos se proporciona información de lo observado en información basada en medidas estandarizadas y opinión de las personas (Aguilar, 2010).

Se utiliza investigación experimental donde se manipula ciertas variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes, con el propósito de precisar la relación causa – efecto (Abril, 2007).

El estudio se concentró en la Provincia de Tungurahua, región con gran producción lechera, principalmente por sus páramos en la cordillera oriental de los Andes, con 484.747 litros diarios (INEC, 2012) que son destinados al procesamiento en plantas ubicadas en la zona central y norte del país.

Se consideró como objetos de estudio: para los datos cualitativos a 30 representantes de las empresas lácteas a los cuales se aplicó encuesta para conocer las causas del desconocimiento de la descarga incontrolada de aguas residuales y el proceso de tratamiento previo antes de su desalojo. Además, para los datos cuantitativos se recogieron muestras de aguas en las plantas bajo los siguientes criterios:

(a) Se procedió a recolectar una muestra de la cisterna para considerar la calidad

de agua que se emplea en los procesos para la elaboración de los productos y para las operaciones de limpieza categorizada como muestra # 1.

(b) Para analizar las aguas residuales desalojadas se consideró otra muestra compleja de las diferentes líneas de proceso como son queso fresco, queso mozzarella, yogurt, leche y de las operaciones de limpieza por lo que, en cada toma de muestra se registró las condiciones de la muestra, del lugar donde se toma la muestra y la temperatura a la cual son descargadas sus aguas residuales. Para de esta manera tener una idea globalizada de la descarga diaria y poder establecer las acciones correctivas correspondientes categorizada como muestra # 2.

Para cumplir con los objetivos del estudio se realizar análisis físico-químicos realizados en las aguas residuales como son: pH, temperatura, conductividad, alcalinidad, acidez, turbiedad, cloruros, demanda química

de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, hierro, fosfatos, nitritos, nitrógeno de nitratos, sulfatos, aceites y grasas, sólidos en suspensión, sólidos disueltos, sólidos totales. De los análisis microbiológicos se aplicaron: Coliformes fecales y totales. Los análisis sensoriales que se aplicaron a las muestras son: Color, olor, aspecto, formación de espuma.

### 3. Resultados y discusión

#### Análisis de las aguas al ingreso y salida del proceso

Para conocer la calidad del agua que desaloja la empresa se comparan las dos muestras tomadas (antes y después del proceso lácteo). Obteniendo resultados de control en la tabla 1, donde se muestra que el análisis físico-químico del agua se encuentra dentro de los parámetros.

**Tabla 1.** Muestra # 1 Análisis Físico-Químicos del agua.

Determinaciones	unidades	Método	Resultado	Límites
pH	Und.	4500-B	7.81	7-8.5
Temperatura	°C	2550-B	19.00	
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	170.60	
Alcalinidad	mg/lt	2320-B	170.00	
Acidez	mg/lt	2310-B	420.00	
Turbiedad	NTU	2130-B	1.70	5.00
Cloruros	mg/lt	4500-Cl-B	92.00	50.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/lt	5220-C	10.60	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lt	5210-B	7.30	
Hierro	mg/lt	4500-Fe	0.17	0.20
Fosfatos	mg/lt	4500-P-D	0.12	
Nitritos	mg/lt	4500-NO <sub>2</sub> -B	0.005	
Nitrógeno de Nitratos	mg/lt	4500-NO <sub>3</sub> -C	10.11	10.00
Sulfatos	mg/lt	4500-SO <sub>4</sub> -E	1.65	50.00
Aceites y Grasas	mg/lt	5520-D	< 0.10	
Sólidos en Suspensión	mg/lt	2540-D	< 0.10	
Sólidos Disueltos	mg/lt	2540-C	105.70	
Sólidos Totales	mg/lt	2540-B	240.00	500.00



**Tabla 2.** Muestra # 1 Análisis sensorial de agua.

Parámetro	Resultado	Límite
Color	Incolora	5
Olor	Inolora	Ausencia
Aspecto	Normal	Inobjetable
Formación de espuma	Nula	

En las tablas 2 y 3 en los análisis respectivos se considera como el agua en condiciones normales, es decir, que el agua puede ser utilizada para actividades de agricultura y pesca, y para el consumo humano se requiere un tratamiento convencional.

**Tabla 3.** Muestra # 1 Análisis microbiológico del agua.

Determinaciones	Método usado	Valor encontrado	Límite
Coliformes Totales UFC/100 ml	Filtración por membrana	100.00	Ausencia
Coliformes Fecales UFC/100 ml	Filtración por membrana	Ausencia	Ausencia

El mismo grupo de análisis se ha realizado para la muestra 2, es decir el agua luego del procesamiento de las plantas de lácteos y a la vez que han recibido los procesos propios de

tratamiento y envió al sistema de alcantarilla.

El agua que se utiliza para los procesos está dentro de los límites permisibles, mientras que el agua que se desaloja no cumple con los parámetros establecidos para su descarga, ya que se encuentra un poco ácida por los materiales disueltos que contienen.

**Temperatura.** Las muestras 1 y 2 cumplen con los parámetros establecidos en el Tulas para la descarga en el sistema de alcantarillado público que se debe descargar a una temperatura menor a 40°C.

**Conductividad.** Entre las dos muestras de agua se puede manifestar diferencias entre los valores, contiene cantidad de sustancias disueltas que aumentan la conductividad.

**Alcalinidad.** Presenta demasiada variación con gran cantidad de sustancias disueltas que aumentan la basicidad de las muestras, principalmente por las actividades de limpieza.

**Acidez.** El agua desalojada en su mayoría diluida con suero, explica el valor de acidez alto en comparación con la que ingresa.

**Tabla 4.** Muestra # 2 Análisis Físico-químicos del agua desalojada.

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	LÍMITES (TULAS)
pH	Und.	4500-B	4.74	5-9
Temperatura	°C	2550-B	30.00	< 40.00
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	7,820.20	
Alcalinidad	mg/lt	2320-B	1,130.00	
Acidez	mg/lt	2310-B	3,220.00	
Turbiedad	NTU	2130-B	3,921.00	
Cloruros	g/lt	4500-Cl-B	101.90	
Demanda Química de Oxígeno	mg/lt	5220-C	18,400.00	500.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lt	5210-B	12,500.00	250.00
Hierro	mg/lt	4500-Fe	0.17	25.00
Fosfatos	mg/lt	4500-P-D	14.96	15.00
Nitritos	mg/lt	4500-NO <sub>2</sub> -B	0.005	
Nitrógeno de Nitratos	mg/lt	4500-NO <sub>3</sub> -C	104.40	40.00
Sulfatos	mg/lt	4500-SO <sub>4</sub> -E	462.00	400.00
Aceites y Grasas	mg/lt	5520-D	4,600.00	100.00
Sólidos en Suspensión	mg/lt	2540-D	1,020.00	220.00
Sólidos Disueltos	mg/lt	2540-C	4,848.00	
Sólidos Totales	mg/lt	2540-B	36,620.00	1,600.00

**Tabla 5.** Análisis Sensorial del agua desalojada.

PARÁMETRO	RESULTADO
Color	Blanquesina
Olor	Objetable (desagradable)
Aspecto	Presencia de material en suspensión y flotante
Formación de espuma	Abundante

**Tabla 6.** Análisis Microbiológico del agua desalojada

Determinaciones	Método usado	Valor encontrado
Coliformes Totales UFC/100 ml	Filtración por membrana	39,500.00
Coliformes Fecales UFC/100 ml	Filtración por membrana	Ausencia

### Análisis de las aguas residuales

Para el análisis de las aguas residuales se realiza un análisis comparativo entre las dos muestras de agua, es decir entre el agua que ingresa al proceso y con el agua que sale del proceso.

De la tabla 7, se puede interpretar los resultados como: Potencial Hidrógeno (pH).

Cloruros. Las sustancias disueltas contienen residuos de productos químicos utilizados en el proceso.

Demanda Química de Oxígeno. En la muestra 2 existe un alto nivel de contaminación, con presencia de materia orgánica que facilita la oxidación química. Por lo que se consume en gran cantidad el oxígeno. No cumple con el valor establecido en el Tulas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno. En las muestras se puede observar que existe oxidación progresiva de las materias orgánicas que se producen por la cantidad de bacterias que existen, además no cumple con lo establecido en la norma.

Hierro. Se encuentra en cantidades que están bajo la norma.

Fosfatos. Dentro del límite para la descarga al sistema de alcantarillado público.

Nitritos. Existe poca actividad biológica por lo que rápidamente se convierte en nitratos.

Nitrógeno de Nitratos. No cumple con los parámetros de calidad, el incremento en su valor se debe principalmente a la polución que se produce por la presencia de condiciones favorables como: pH, temperatura, humedad, nutrientes, cantidad de microorganismos.

Sulfatos. No cumple con el valor establecido en la norma para sistema de alcantarillado, ya que la presencia de los sulfatos puede ocasionar la presencia de malos olores.

Aceites y grasas. Excede los límites establecidos, existe abundante grasa por los procesos de elaboración de los productos.

Sólidos en suspensión. Las aguas residuales contienen valores muy elevados, un indicativo del nivel de contaminación que tienen estas aguas residuales.

Sólidos en Disueltos. Se descargan sustancias orgánicas e inorgánicas, parte de cuajada del proceso de elaboración de quesos y residuos de las actividades de limpieza.

Sólidos Totales. Existe un nivel alto de contaminación.

**Tabla 7.** Comparación fisicoquímica entre el agua que ingresa y sale.

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO	Agua ingresa	Agua desalojada
pH	Und.	4500-B	7.81	4.74
Temperatura	°C	2550-B	19.00	30.00
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	170.60	7,820.20
Alcalinidad	mg/lt	2320-B	170.00	1,130.00
Acidez	mg/lt	2310-B	420.00	3,220.00
Turbiedad	NTU	2130-B	1.70	3,921.00
Cloruros	mg/lt	4500-Cl-B	92.00	101.90
Demanda Química de Oxígeno	mg/lt	5220-C	10.60	18,400.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lt	5210-B	7.30	12,500.00
Hierro	mg/lt	4500-Fe	0.17	0.17
Fosfatos	mg/lt	4500-P-D	0.12	14.96
Nitritos	mg/lt	4500-NO <sub>2</sub> -B	0.005	0.005
Nitrógeno de Nitratos	mg/lt	4500-NO <sub>3</sub> -C	10.11	104.40
Sulfatos	mg/lt	4500-SO <sub>4</sub> -E	1.65	462.00
Aceites y Grasas	mg/lt	5520-D	< 0.10	4,600.00
Sólidos en Suspensión	mg/lt	2540-D	< 0.10	1,020.00
Sólidos Disueltos	mg/lt	2540-C	105.70	4,848.00
Sólidos Totales	mg/lt	2540-B	240.00	36,620.00

De la tabla 8 se puede indicar que: El agua presenta color blanquecino por la adición de suero, residuos de productos y agua que se desaloja por las actividades de limpieza.

**Tabla 8.** Comparación sensorial entre el agua que ingresa y sale.

PARÁMETRO	Agua ingresa	Agua desalojada
Color	Incolora	Blanquecina
Olor	Inolora	Objetable (desagradable)
Aspecto	Normal	Presencia de material en suspensión y flotante
Formación de espuma	Nula	Abundante

Olor y sabor. Tiene olor desagradable por la contaminación que se produce.

Aspecto. Se aprecia que posee material en suspensión y flotante.

Formación de espuma. Existe presencia de gran cantidad de espuma, por la presencia de residuos de detergentes utilizados para la limpieza.

En la tabla 9 podemos apreciar la comparación microbiológica de lo cual se puede indicar que: Coliformes Totales. Tiene valor elevado por las condiciones en que se descargan.

**Tabla 9.** Comparación microbiológica entre el agua que ingresa y sale.

Determinaciones	Método usado	Agua ingresa	Agua desalojada
Coliformes Totales UFC/100 ml	Filtración por membrana	100	39 500
Coliformes Fecales UFC/100 ml	Filtración por membrana	Ausencia	Ausencia

Coliformes Fecales. No existe presencia de coliformes fecales, por las condiciones bajo las cuales se están descargando sus aguas residuales que son ácidas y a temperaturas altas.

Para validar los resultados se utiliza el test t de student, considerando que la muestra es pequeña, sigue una distribución aproximadamente normal y el interés es comparar dos medias muestrales. En la tabla 10 se muestran que existe diferencias estadísticamente significativas entre la muestra # 1 y muestra # 2 por lo tanto se puede indicar que hay evidencia significativa a  $\alpha = 0.01$  de: Las aguas residuales descargadas del sector lácteo presentan alto contenido de materia orgánica. Hay

cambios en los parámetros de calidad del agua debido a la contaminación del procesamiento de lácteos.

**Tabla 10.** Comparación fisicoquímica entre el agua que ingresa y sale.

Determinaciones	Agua ingresa	Agua desalojada	Valor p
pH	7.81	4.74	0.000
Temperatura	19.00	30.00	0.000
Conductividad	170.60	7,820.20	0.000
Alcalinidad	170.00	1,130.00	0.000
Acidez	420.00	3,220.00	0.000
Turbiedad	1.70	3,921.00	0.000
Cloruros	92.00	101.90	0.000
Demanda Química de Oxígeno	10.60	18,400.00	0.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	7.30	12,500.00	0.000
Hierro	0.17	0.17	
Fosfatos	0.12	14.96	0.167
Nitritos	0.005	0.005	
Nitrógeno de Nitratos	10.11	104.40	0.000
Sulfatos	1.65	462.00	0.000
Aceites y Grasas	0.10	4,600.00	0.000
Sólidos en Suspensión	0.10	1,020.00	0.000
Sólidos Disueltos	105.70	4,848.00	0.000
Sólidos Totales	240.00	36,620.00	0.000

Junto con los resultados de las pruebas de agua que fueron tomadas se realizó un cuestionario a los empresarios, los mismos que proporcionaron su percepción y conocimiento acerca del tratamiento de las aguas de sus procesos de producción.

En la tabla 11 se muestra las respuestas de los empresarios lácteos, de lo cual se puede extraer que existe conocimiento de los riesgos del manejo inadecuada de las aguas residuales, pero que existe despreocupación por el mejoramiento de las mismas, esto principalmente evidenciado por el bajo nivel de capacitación y planificación de inversión sobre el tema. Por lo tanto se puede concluir que no existe evidencia de que la percepción de los efectos de la descarga de aguas residuales incrementa la preocupación de los empresarios.

**Tabla 11.** Resultados de la encuesta a empresarios lácteos.

Interrogante	Si	No
Efectos de la descarga de aguas residuales	64.3%	35.7%
Capacitaciones de los efectos de aguas residuales	28.6%	71.4%
Planificación de inversiones para el tratamiento de aguas residuales	16.5%	83.5%
Conocimiento del manejo de residuos industriales	42.9%	57.1%
Conciencia del riesgo por el consumo de estas aguas	92.9%	17.1%
Conocimiento del uso del agua residual al salir de la empresa	21.4%	78.6%
Desalojo de las aguas residuales	diario	
Operaciones de limpieza de los equipos	diario	

#### 4. Conclusiones

El alto contenido de materia orgánica en las aguas residuales descargadas por industria láctea se verifica mediante los análisis físico-químicos como: pH, conductividad, alcalinidad, cloruros, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, hierro, nitritos, nitrógeno de nitratos, sulfatos, aceites y grasas, sólidos suspendidos y sólidos totales. Análisis sensoriales: color, olor, aspecto, formación de espuma. Y, Análisis microbiológicos coliformes totales y coliformes fecales. Es decir, que hay evidencia estadísticamente significativa que hay cambios en los parámetros de calidad del agua debido a la contaminación del procesamiento de lácteos.

Se está contaminando las aguas residuales descargadas, ya que se aplica tratamientos básicos y pobres en control, descargando residuos de los productos que elaboran y productos utilizados para la limpieza de los equipos y planta. Es decir que hay evidencia estadísticamente significativa que las aguas residuales descargadas del sector lácteo presentan alto contenido de materia orgánica.

La descarga incontrolada de las aguas residuales al sistema de alcantarillado público está contaminando y por ello no

se puede cumplir con los parámetros de control establecidos en el TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria) se encuentran fuera de los límites de control.

Se puede identificar que los empresarios poseen conocimiento de las descargas y riesgo de consumo de estas aguas, sin embargo las empresas poseen bajas inversiones en capacitación e inversión para solucionar el problema. Es decir que la percepción de los efectos de la descarga de aguas residuales no incrementa la preocupación de los empresarios.

Mediante el análisis de las aguas residuales, se está ocasionando un impacto ambiental negativo, sin aplicar ningún tratamiento a sus aguas residuales, por lo tanto se está produciendo una eutrofización; que es un incremento de los nutrientes en los cuerpos receptores de agua, principalmente por la descarga del suero dulce con pequeñas partes de cuajada, derrames de leche, residuos del lavado de las yogurteras y aguas del lavado de los camiones recolectores de leche y de distribución de los productos de la empresa.

Para minimizar el impacto ambiental se debe utilizar plantas de tratamiento que disminuyan dichos valores, al mismo tiempo el uso de detergentes biodegradables para la limpieza de equipos e instalaciones.

## Referencias

- Abril, V. H. 2007. Métodos y técnica de investigación científica. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Aguilar, O. 2010. Metodología de la Investigación. Obtenido de Investigación holística: <http://metodologiadelainvestigacion.lacoctelera.net/>
- AINIA. 2010. Mejores técnicas disponibles en la industria láctea. Madrid: Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. Obtenido de <http://www.prtr-es.es/data/images/la%20industria%20l%C3%A1ctea-3686e1a542dd936f.pdf>
- Canales, C. 2003. Guía de mejores técnica disponibles en España del sector lácteo. Madrid: Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación.
- Carillo, E.; Lozano, A. 2008. Validación del método de coliformes totales en el agua potable utilizando agar chromocult. Bogotá: Universidad Nacional.
- Castillo, E.; Palacios, S. 2013. La contaminación del agua para consumo humano como problema social en la parroquia Quinara. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Centro de Actividad Regional de la producción. 2002. Prevención de la contaminación en la industria láctea. (Universidad de Salamanca) Obtenido de [http://coli.usal.es/web/demo\\_appcc/demo\\_ejercicio/lac\\_es.pdf](http://coli.usal.es/web/demo_appcc/demo_ejercicio/lac_es.pdf)
- Consejo Provincial de Tungurahua. 2010. Normativa para la agricultura limpia de Tungurahua. Ambato: HCPT.
- El Heraldo. 2009. Lo más grave de Tungurahua: La contaminación. Diario El Heraldo. Obtenido de [http://www.ambato.com/amb09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1542:lo-mas-grave-de-tungurahua-la-contaminacion-de-sus-rios&catid=34](http://www.ambato.com/amb09/index.php?option=com_content&view=article&id=1542:lo-mas-grave-de-tungurahua-la-contaminacion-de-sus-rios&catid=34)
- Fabricación de Productos Lácteos. 1998. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial. Santiago de Chile: Comisión Chilena de medio ambiente.
- Fraizier, W. 1976. Microbiología de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Grupo Aqua Limpia. 2010. Depuración de aguas residuales de la industria de Lácteos. Obtenido de <http://www.aqualimpia.com/Lacteos.htm>
- Hernandez, R. S. 2010. Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
- INEC. 2012. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Obtenido de Indicadores de producción: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
- Ingeniería de aguas residuales. 2009. Características de las aguas residuales. Recuperado el 2014, de [http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_aguas\\_residuales/Eutrofizaci%C3%B3n](http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Eutrofizaci%C3%B3n).

- Internacional Finance Corporation. 2007. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos . Obtenido de [http://ifcext.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui\\_EHSGuidelines2007\\_DairyProcessing\\_Spanish/\\$FILE/0000199659ESes+Dairy+Processing-rev+cc.pdf](http://ifcext.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/AttachmentsByTitle/gui_EHSGuidelines2007_DairyProcessing_Spanish/$FILE/0000199659ESes+Dairy+Processing-rev+cc.pdf)
- Lara, J. 1999. Depuración de aguas residuales municipales con humedades artificiales. Barcelona: Jupiter.
- Matute, S. 2000. Tratamiento de residuos lácteos. (Consejo Nacional de producción) Obtenido de [http://www.cnp.go.cr/php\\_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/TratResLactLiquidos.pdf](http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/TratResLactLiquidos.pdf)
- Nerín de la Puerta, C. 2008. Urbanismo e Ingeniería Ambiental. Universidad de Zaragoza. Obtenido de <http://www.etsav.upc.es/personals/monclus/cursos/1301.htm>
- Pastor, P. 2008. Proyecto Sica Banco Mundial. Banco Mundial. Obtenido de <http://www.grundfos.com/web/homees.nsf/Webopslag.htm>
- Recai. 2005. Red Ecuatoriana de Consultores ambientales. Quito: Recai.
- Romero, J. 2002. Calidad del agua. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, J. 2004. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, M. 2009. Desarrollo de un plan de manejo ambiental para la industria procesadora de leche Florap. Quito: Escuela Politecnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1671/1/CD-2601.pdf>
- Sáenz, R. 2010. Desarrollo de procesos de tratamiento de desechos de una empresa de lácteos. Guayaquil: Escuela Politécnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11941/3/INTRO.doc>
- Sistema Único de Manejo Ambiental. 2010. Calidad Ambiental . Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Spreer, D. 1991. Lactología Industrial. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Tchobanoglous, C. 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Buenos Aires: Mc Graw Hill.
- Torres, E. 2008. Tratamiento de Aguas residuales mediante sistema de lodos activos. Madrid: Producción más limpia.
- Unión Europea . 2006. Guía buenas prácticas mediambientales en el sector lácteo. Compostela: Unión Europea.
- Valencia, E. 2010. La industria de la leche y la contaminación del agua. Puebla. Obtenido de <http://www.elementos.buap.mx/num73/htm/27.htm>

