



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**EFICIENCIA DEL USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS
QUESERÍAS ARTESANALES DE QUIMIAG**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para obtener el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: DANIELA CAROLA MURILLO BERMEO

TUTORA: ING.PAOLA CRISTINA CHILUIZA RAMOS

Riobamba - Ecuador

2018

©2018, Daniela Carola Murillo Bermeo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Investigación: **EFICIENCIA DEL USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS QUESERÍAS ARTESANALES DE QUIMIAG**, de responsabilidad de la señorita Daniela Carola Murillo Bermeo, ha sido minuciosamente revisado por el Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Fecha

Firma

Ing. Paola Cristina Chiluiza Ramos

DIRECTORA DEL TRABAJO

DE TITULACIÓN

Ing. Julio Rolando Coello Cabezas

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Daniela Carola Murillo Bermeo soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Daniela Carola Murillo Bermeo

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres Daniel Murillo y Olga Bermeo por brindarme todo su apoyo incondicional en toda mi vida estudiantil, a mis hermanas Anahí Murillo, Joselyn Oleas y Mishell Oleas, a mis tíos Fabián Murillo y Sandra Bermeo, a mi abuelita Esperanza Vinza y principalmente a mi abuelito Carlos Murillo que me dio todo su fuerza desde el cielo para culminar mi carrera y siempre tener sus consejos todo su amor en cada paso que di al realizar mi proyecto de titulación y también a mi abuelita Angelina Bermeo por siempre animarme a seguir adelante y nunca dejarme sola en ningún momento y saber guiarme de la mejor manera con su comprensión y cariño. También a mis amigos y amigas que de alguna manera me ayudaron en cada trayecto de esta investigación.

Daniela Murillo

AGRADECIMIENTO

Con profundo sentimiento de gratitud deseo exteriorizar mi mayor agradecimiento. Primeramente, a dios por ser luz y guía en mi camino, a mi querida familia por apoyarme en todo momento para culminar mi proyecto de titulación y de manera muy especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas por abrirme las puertas y acogerme como un estudiante más para culminar con mi carrera.

A la Ingeniera Paola Chiluzza por brindarme su ayuda incondicional siendo parte de mi superación como ser humano y apoyarme en la investigación realizada.

Gracias por formar parte de este mi trabajo, porque es necesario entregar un aporte a la sociedad. Gracias por ayudarme alcanzar mi meta tan anhelada.

Daniela Murillo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
1. MARCO REFERENCIAL	4
<i>1.1. Antecedentes</i>	<i>4</i>
<i>1.2. Marco conceptual</i>	<i>6</i>
<i>1.2.1. Calidad del agua</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2. Demanda biológica de oxígeno</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3. Demanda química de oxígeno</i>	<i>8</i>
<i>1.2.4. Sólidos</i>	<i>8</i>
<i>1.2.5. Temperatura</i>	<i>10</i>
<i>1.3. Aguas residuales de la industria láctea</i>	<i>10</i>
<i>1.4. Queserías artesanales</i>	<i>11</i>
<i>1.5. Tratamientos para aguas residuales</i>	<i>13</i>
<i>1.5.1. Tratamientos primarios</i>	<i>13</i>
<i>1.5.2. Tratamientos Secundarios</i>	<i>14</i>
<i>1.5.3. Tratamientos Terciarios</i>	<i>15</i>
<i>1.6. Microorganismos eficientes</i>	<i>16</i>
<i>1.6.1. Consorcio Microbiano de Microorganismos Eficientes Earth Ecuador (AGARTH) codificación No. 02087353</i>	<i>16</i>

CAPÍTULO II	22
2. MARCO METODOLÓGICO	22
2.1. Lugar de la Investigación.....	22
2.2. Hipótesis y especificación de las variables.....	23
2.2.1. <i>Hipótesis general:</i>	23
2.2.2. <i>Variables</i>	23
2.3. Tipo y diseño de Investigación.....	23
2.4. Unidad de análisis.....	24
2.5. Población de estudio	24
2.6. Tamaño de la muestra	25
2.7. Selección de muestra	25
2.8. Técnicas de recolección de datos	25
2.8.1. <i>Localización y descripción del lugar</i>.....	25
2.8.2. <i>Recolección de la muestra</i>	28
2.8.3. <i>Caracterización de parámetros físicos - químicos y microbiológicos</i>	28
2.8.4. <i>Activación de los microorganismos eficientes</i>	29
2.8.5. <i>Inoculación del agua residual</i>.....	30
2.8.6. <i>Determinación de la eficiencia de los microorganismos eficientes en la reducción de DBO₅, DQO, Sólidos Totales y Disueltos en aguas residuales de las queserías artesanales de la parroquia Quimiag</i>.....	30
2.9. <i>Procedimientos Realizados en el Estudio</i>	33
CAPÍTULO III.....	34
3. MARCO DE RESULTADOS	34
3.1. Resultados, análisis y discusión	34

<i>3.1.1. Caracterización de parámetros físico-químicos y microbiológicos.....</i>	<i>34</i>
<i>3.1.3. Eficiencia de los microorganismos eficientes sobre el agua residual.....</i>	<i>38</i>
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Unidad de Análisis para el Tratamiento	24
Tabla 2-2: Análisis físico-químicos y microbiológicos	29
Tabla 3-3: Caracterización física-química y microbiológica del agua residual	34
Tabla 4-3: Control de pH para los microorganismos eficientes (EM.1)	36
Tabla 5-3: Composición de los EM.1	37
Tabla 6-3: Resultados de la aplicación de EM.1 a diferentes tratamientos a 10 días	38
Tabla 7-3: Resultados de la aplicación de EM.1 a diferentes tratamientos a 30 días	39
Tabla 8-3: Resultados de la aplicación de EM.1 a diferentes tratamientos a 45 días	40
Tabla 9-3: Factores Inter-sujetos.....	41
Tabla 10-3: Prueba de Efectos Inter-sujetos	41
Tabla 11-3: Matriz de correlaciones	47
Tabla 12-3: Comunalidades	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Ubicación Geográfica de la Quesería El Pajonal	22
Figura 2-2: Proceso Productivo quesería “El Pajonal”	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos 1-3: Tratamiento para los Sólidos Suspendedos vs Tiempo	43
Gráficos 2-3: Tratamiento para los Sólidos Totales vs Tiempo	44
Gráficos 3-3: Tratamiento para la DBO5 vs Tiempo.....	45
Gráficos 4-3: Tratamiento para la DQO vs Tiempo.....	46
Gráficos 5-3: Componentes rotados.....	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Diagrama del Proceso de la Investigación	33
--	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Para obtener los Sólidos Totales	32
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Recopilación fotográfica

RESUMEN

La presente investigación evaluó la eficiencia de un consorcio de los microorganismos eficientes (*Rhodopseudomonas palustris*, *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*) en tres concentraciones diferentes en las aguas residuales del proceso de producción de elaboración de los quesos proveniente de la quesería artesanal de Quimiag “El Pajonal”, que tiene como objetivo reducir parámetros como: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, sólidos totales y sólidos suspendidos. Se aplicaron tres tratamientos: primero a una concentración de microorganismos eficientes de 0,01 (v/v), segundo a una concentración de 0,02 (v/v) y el tercero a una concentración de 0,04 (v/v) y un tratamiento control con agua residual sin inoculación, en cuatro unidades experimentales (recipientes plásticos con 2 L de agua residual) con 3 repeticiones cada uno. El tiempo de experimentación fue de 45 días controlándose la concentración de los parámetros a los 10, 30 y 45 días. Realizando un análisis estadístico multivariado y de componentes principales encontramos diferencias, porque su nivel de significancia fue menor a $P \leq 0,05$ con lo que se determinó que el tratamiento dos causó mayor disminución en la concentración de DBO_5 con un 61%, DQO en un 78%, sólidos totales en un 73% y para los sólidos en suspensión nos mostró que no hubo diferencia porque su valor fue mayor a $P \leq 0,05$, pero presentó una remoción con el tratamiento dos del 54%. Todos los parámetros mencionados se redujeron al término de 45 días, pero aún sobre los límites permisibles según el TULSMA, Libro VI Anexo I, Tabla 11. Demostrando que el uso del consorcio de microorganismos eficientes, puede ser utilizado sin ninguna dificultad para aguas residuales de queserías, ya que se obtuvo una buena remoción de contaminantes expresada en los parámetros de DBO_5 , DQO, ST y SS. Se recomienda que se investigue nuevas familias para realizar un nuevo consorcio de microorganismos eficientes y pueda ser útil para la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <BIOTECNOLOGÍA>, <MICROBIOLOGÍA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <MICROORGANISMOS EFICIENTES>, <DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO>, <DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO>, <SÓLIDOS TOTALES>, <SÓLIDOS SUSPENDIDOS>.

ABSTRACT

The present research evaluated the efficiency of a consortium of efficient microorganisms (*Rhodospseudomonas palustris*, *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*) in three different concentrations in the wastewater of the cheese production process from the Quimiag artisan cheese Factory “El Pajonal”, which aims to reduce parameters such as: Biochemical oxygen demand, Chemical Oxygen Demand, total solids and suspended solids. Three treatments were applied: first at a concentration of efficient microorganisms of 0.01 (v/v), second at a concentration of 0.02 (v/v) and the third at a concentration of 0.04 (v/v) and a control treatment with residual water without inoculation, in four experimental units (plastic containers with 2L of residual water) with 3 repetitions each one. The experimentation time was 45 days and the concentration of the parameters was controlled at 10, 30 and 45 days. A multivariate statistical analysis and major components was done and was found differences, because their level of significance was less than $P \leq 0,05$, which determined that treatment two caused a greater decrease in the concentration of BOD_5 with 61%, COD in 78 %, total solids in 73 % and for solids in suspension. It showed that there was no difference because its value was greater than $P \leq 0,05$, but it presented a removal with treatment two of 54%. All the parameters mentioned were reduced after 45 days, but still above the permissible limits according to TULSMA. Book VI Annex I, Table 11. It provided that the use of the efficient microorganisms consortium can be used without any difficulty for wastewater from cheese factories, since a good removal of contaminants was obtained, expressed in the parameters of BOD, COD, ST and SS. It is recommended that new families be investigated to conduct a new consortium of efficient microorganisms and can be useful for the removal of pollutants present in wastewater.

Keywords:<EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <BIOTECHNOLOGY>, <MICROBIOLOGY>, <WASTERWATER TREATMENT>, <EFFICIENT MICROORGANISMS>, <BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND >, <CHEMICAL OXYGEN DEMAND >, <TOTAL SOLIDS>, <SUSPENDED SOLIDS>.

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

La producción en las queserías artesanales es una de las principales fuentes de ingreso en varias parroquias rurales de los cantones de Chimborazo, sin embargo, esto genera aguas residuales, que provienen del proceso propio de la producción.

El volumen de desechos de las industrias se encuentra entre los 2,43 a 3,14 metros cúbicos de agua residual por cada litro de leche procesada, alcanzando muchas veces hasta nueve veces el volumen de leche que ingresa a la industria láctea; por ello existe la necesidad de plantear propuestas de tratamientos alternativos, que permitan reducir la carga contaminante representada principalmente por los altos valores de DBO₅, DQO, ST, SST.(Chamorro, 2014)

Dentro de este contexto existen tratamientos biológicos como la utilización de hongos y bacterias, así como el manejo de procesos anaerobios para la descomposición de la materia orgánica para la reducción de la carga orgánica. Otra alternativa es el uso de microorganismos eficientes para reducir la carga contaminante.

Los microorganismos eficientes, la mayoría de veces, son una mezcla líquida de: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, y otras; estos organismos han sido reportados como una alternativa frente al problema ambiental de la contaminación hídrica, estas trabajan en cooperación para proporcionar carbono y energía para su metabolismo y crecimiento, reduciendo así la concentración de contaminantes en el agua, constituyéndose en una opción para las queserías artesanales que producen una cantidad significativa de aguas residuales anualmente, generando un impacto nocivo al ambiente, debido a que los tratamientos actuales no son efectivos. El estudio de microorganismos eficientes toma importancia debido a que los resultados reportados apuntan a ser una alternativa a la contaminación hídrica causada por aguas residuales.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua residual que descargan las queserías artesanales posee una carga orgánica elevada de aceites, grasas, nitrógeno y fósforo que provocan la formación de natas, lo que conlleva a la eutrofización y disminución de oxígeno en el agua. Debido a la falta de tecnificación en los procesos de tratamientos, las aguas residuales generadas en la industria láctea presentan una DBO₅ media puede estar entre 3.000-4.000 mg/L lo que se refleja en los vertidos que muestran una elevada variabilidad, tanto en caudal como en composición. Surgiendo la necesidad de plantear una alternativa para solucionar el problema y contribuir al sector productivo.(Chamorro, 2014).

Esta investigación busca evaluar la posible disminución de parámetros físico químicos como DBO₅, DQO, ST, SST de las aguas provenientes de las queserías artesanales, mediante un tratamiento biológico con el uso de microorganismos eficientes, aprovechando la capacidad de estos para asimilar la materia orgánica y los nutrientes disueltos en el agua. Este tipo de tratamientos presentan ventajas como mayores rendimientos, menores costes económicos y mantenimiento, lo que contrasta con los tratamientos físicos como la precipitación, adsorción o el arrastre por corriente de gas y de los tratamientos químicos tales como la oxidación húmeda, la ozonización, la radiación UV, o el empleo de agentes químicos oxidantes (cloro, permanganato de potasio, peróxido de hidrogeno), que transfieren los contaminantes del agua a una segunda fase pero sin eliminarlos, por tanto son procesos no selectivos lo que eleva considerablemente los costos de implantación. (Arango, 2009)

A través de esta investigación se pretende demostrar que el uso de los microorganismos eficientes es útil como tratamiento biológico de fácil accesibilidad y disponibilidad de adquisición, llegando a ser un mecanismo eficaz para la reducción de los parámetros a estudiar y el cumplimiento de la normativa.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar la eficiencia del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de aguas residuales de las queserías artesanales de Quimiag.

Objetivos Específicos

- Caracterizar físico-química y microbiológicamente las aguas residuales de las queserías artesanales de la parroquia de Quimiag
- Formular las unidades experimentales para los microorganismos eficientes
- Determinar la disminución de DBO₅, DQO, sólidos totales y sólidos suspendidos con el uso de microorganismos eficientes en aguas residuales de las queserías artesanales de la parroquia Quimiag.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

La industria láctea genera una gran cantidad de aguas residuales, este tipo de aguas posee materia orgánica, grasas y aceites, sólidos suspendidos, pH elevados, por lo que necesitan un tratamiento previo antes de poder ser vertidas en fuentes naturales o al alcantarillado. (Arango, B.2000: p.25)

En investigaciones previas realizadas en la comunidad de Guzo parroquia Quimiag, Cantón Riobamba por Sáenz Roldan, (2013) en la quesería artesanal OASIS, se muestra que procesa alrededor de 3.250 a 3.350 litros de leche por día, el 92% es destinado a la producción de queso, el 5% a la pasteurización, y un 3% a la producción de yogur, generando un consumo de agua de alrededor de 9.720 litros por día, lo cual genera aguas residuales no tratadas adecuadamente.

En las últimas décadas se han desarrollado una gran variedad de procesos físicos, químicos y biológicos para el tratamiento de aguas residuales. Cada uno de ellos se caracteriza por una serie de limitaciones relativas a su grado de aplicabilidad, eficiencia y costes económicos. Los tratamientos biológicos son una alternativa amigable con el ambiente, tienen mayores rendimientos y menores costes económicos (Arnáiz et al., 2000: p.20).

Kyan et al., (1999) plantea que los microorganismos eficientes, de manera general, son capaces de lograr la remoción significativa de DBO₅, DQO y patógenos en diferentes tipos de aguas residuales y se puede aplicar con un mínimo de gastos y un máximo de beneficios. De la misma forma, Zakariaet al., (2010) concuerda que el tratamiento biológico, especialmente el uso de microorganismos eficientes para mejorar el agua contaminada, es efectiva y de bajo costo en comparación con el uso de otros productos químicos. En los últimos años ha existido un interés creciente en el uso de técnicas biológicas que ayuden a la rehabilitación de cuerpos de agua contaminados y degradados.

Romeo & Vargas, (2017) afirma que los microorganismos eficientes han sido reportados como una alternativa para solucionar los problemas de contaminación hídrica, debido a que pueden utilizar los compuestos contaminantes presentes en las aguas como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento.

Kengo et al., (2000) plantea el uso de microorganismo eficientes en aguas residuales domesticas mantiene los niveles de nutrientes lo suficientemente bajos para evitar la proliferación de algas y mosquitos.

Arvind et al., (2011) con su investigación Evaluation of Effective Microorganism (EM) fortreatment of domesticsewage afirma que se observó una reducción del 90% DBO₅ y un 80% DQO en un periodo de 20 días.

Szymanski y Patterson (2003) afirma que con el uso de microorganismos eficientes hubo una disminución significativa en la DBO₅ de un 82% pero no tuvo cambios suficientes en el volumen de sólidos suspendidos en el agua residual, debido a la trasformación de la materia orgánica y al periodo de tiempo de la aplicación final de los EM que fue dos semanas después. Cardona y García (2008), evaluaron parámetros físico químicos de agua residual domestica aplicando los microorganismos eficientes reportando resultados exitosos en la disminución de la DBO₅ y sólidos totales en un 50%.

En el caso particular de aguas residuales de industrias lácteas el estudio realizado en la universidad de Manizales – Colombia por Herrera y Corpas (2013), muestran resultados de la reducción de la contaminación en aguas residuales de la industria láctea utilizando microorganismos benéficos, mejorando la depuración y reducción de factores indicadores de la contaminación como la DBO₅, DQO, SST, ST.

Según Behrampur et al., (2009) los efectos de la aplicación de los microorganismos eficientes en aguas residuales procedentes de la industria láctea es la reducción de olores ofensivos, una

reducción en la DBO₅, permitiendo la reducción del uso de cloro o desinfectantes y la disminución del costo para el tratamiento de lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Sánchez et al., (2009) realizó el estudio de los microorganismos eficientes en la empresa láctea de Antioqueño ubicada en la ciudad de Quito, con una reducción del 98% DQO disminuyendo el riesgo de la contaminación en el agua.

La investigación realizada por Romero y Vargas (2017) para el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea a nivel de laboratorio en el centro de investigaciones Hidráulicas de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría utiliza microorganismos eficientes para la disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de oxígeno con una reducción de 50 y 40 %.

1.2. Marco conceptual

1.2.1. Calidad del agua

El problema de la calidad del agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le han brindado menos atención. Los recursos hídricos son cruciales para la salud humana y el medio ambiente, y juegan un papel clave en el crecimiento económico y el desarrollo. Satisfacer la creciente demanda de agua tiende a convertirse en el principal objetivo de la gestión de los recursos hídricos en la actualidad. A nivel mundial, la demanda del agua dulce está en aumento y su suministro suficiente se considera vital ya que la calidad del agua va principalmente disminuyendo debido a la contaminación. La degradación de la calidad del agua crea escasez de agua y limita su disponibilidad para el uso humano y el ecosistema y, por lo tanto, afecta la gestión óptima de los recursos hídricos (Rao & Mamatha, 2004). En este contexto, la preservación de la calidad de agua es crucial en ríos, lagos, embalses, etc. para proteger al público su salud y provocar una disminución a problemas ambientales que pueden impedir el desarrollo regional sostenible (Sevionovic, 1997).

El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. (Mejia, 2005)

Los factores que inciden dentro de la calidad del agua son: químicos, físicos, biológicos y bacteriológicos, de ellos, estos últimos verifican que el agua no tenga bacterias como el *Escherichia coli*, *Streptococos* y *Clostridium*. (Vickie, 2015)

1.2.2. Demanda biológica de oxígeno

La demanda biológica de oxígeno es una medida del consumo de oxígeno requerido para la oxidación microbiana de manera orgánica y amonio, fácilmente degradable en las aguas residuales. La DBO de 5 días expresa el oxígeno consumido por una muestra de aguas residuales, diluida adecuadamente, durante 5 días de incubación a 20 °C. (Atlas et al., 2002)

La DBO₅, como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables. (Romeo Rojas, 2002; pp.176-179)

Los resultados de la DBO₅ se emplean para: determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente, para dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a la que están los vertidos. Una vez formada una población adecuada de microorganismos, la velocidad de reacción está controlada por la cantidad de alimento disponible. (Sáenz, 2013: p.22)

En aguas residuales domésticas el valor de la DBO₅ a cinco días representa en promedio un 65 a 70 % del total de la materia orgánica oxidable. En las aguas residuales procedentes de la industria láctea el valor de la DBO₅ es 1000 a 6000 mg/L, solo tomando en cuenta el agua de proceso de

elaboración de productos lácteos estos valores son antes de un tratamiento, por lo tanto, el papel de los microorganismos en la remoción de la DBO₅ es posible, ya que los microorganismos utilizan la materia orgánica en forma coloidal, para sobrevivir en el ambiente en el que se encuentren. Al consumir esta materia cuyo principal componente es el carbono, una parte de ella se transforma en tejido celular y otra parte es emitida al ambiente en forma de gases. Los gases pueden separarse de forma espontánea del agua tratada y el tejido celular se separa del agua por sedimentación. Al realizar este tratamiento se dice que la materia orgánica ha sido removida del agua y esto se refleja con una reducción del 80 % a DBO₅.(Rodríguez, 2010)

1.2.3. Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno es un parámetro analítico de polución que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. El ensayo tiene la característica de ser más rápido que la DBO₅ y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico. Todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO₂ y agua mediante la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones ácidas. (Romeo Rojas, 2002; p.186)

Las aguas residuales provenientes de procesos de producción de queso, contienen una Demanda Química de Oxígeno que se encuentra entre los 800 -10.2000 mg/l, debido a la presencia de lactosa, grasas y proteínas solubilizadas provenientes del suero. El papel que juegan los microorganismos para la disminución de la DQO depende de la composición, sobre todo de su cantidad de grasa por lo que los microorganismos separan las grasas y las sustancias proteicas en dilución coloidal como resultado tenemos la reducción del 53% de la DQO. (Carvalho, 2012; citado en Romero, 2014: p.32)

1.2.4. Sólidos

Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde agua potable hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento. (Romeo Rojas, 2002; p.188)

1.2.4.1. Sólidos suspendidos

La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán en condiciones tranquilas, por acción de la gravedad. Los sólidos en suspensión pueden ser sedimentables y no sedimentables, siendo a la vez orgánica e inorgánica, provienen de actividades domésticas, pecuarias, agrícolas e industriales, son interferencia con la penetración de la luz solar y el movimiento de cuerpos en el agua. Los sólidos suspendidos sedimentables tienen tamaño mayor a 0.001 mm, son aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente y las no sedimentables las que no sedimentan en un recipiente. (Delgadillo et al 2010).

Los sólidos suspendidos suelen ser grasas emulsificadas, proteínas y azúcares provenientes de proceso de producción de la industria láctea con valores de 237-1300 mg/l. El problema de los sólidos suspendidos es la dificultad para tratarlos en los efluentes por medio de métodos físico-químicos por lo tanto una alternativa viable es el uso de microorganismos que actúan en la transformación de la materia orgánica ya que la fuente de sólidos en suspensión más común son el cuajo y los trozos de queso, por lo que son predominantemente orgánicos. Al aplicar este tratamiento tenemos una remoción del 72-75 % de sólidos en suspensión. (Picazo, 1995)

1.2.4.2. Sólidos totales

Se define como sólidos totales la materia que permanece como residuos después de evaporación y secado a 103 °C, el valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto. (IAA, 1995: p.35). En aguas residuales provenientes de la industria láctea, la determinación de sólidos totales es la de mayor interés por poseer altos contenidos de sólidos en cantidades de 8512 mg/l. Para su disminución al aplicar microorganismos estos convierten la materia orgánica en nutrientes y material disuelto, por lo cual tenemos una reducción del 92% de sólidos totales. (Toc et al., 2012: p.7) En general, en aguas para suministro público se recomienda un contenido de sólidos totales menor de 1000 mg/L. (Vallejo, 2013: p.6)

1.2.5. Temperatura

La determinación de temperatura es importante para varios procesos de tratamientos y análisis de laboratorio. En estudios de contaminación de ríos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministro de pozos, la temperatura es un dato necesario al igual para aguas residuales y aguas residuales tratadas. (SCFI, 2000)

La temperatura para aguas residuales de la industria láctea oscila entre 30°C solo para aguas del proceso de elaboración del queso, al unirse con las aguas de lavado baja su temperatura a 24°C respectivamente. (EOI, 2008: p.11) Al inducir un tratamiento biológico la temperatura osciló entre 25,5 °C y 28,2 °C, condición que beneficia el crecimiento de los microorganismos a favor de la degradación de la materia orgánica, expresado en la disminución de la DBO₅, DQO. (Romero & Vargas, 2017: p.93)

1.3. Aguas residuales de la industria láctea

El agua residual es el agua de desecho procedente de uso doméstico o industrial que no puede verterse sin tratamiento a ríos o lagos debido a consideraciones sanitarias, económicas y estéticas. El tratamiento biológico de agua residual se basa en el uso a escala industrial de los microorganismos para realizar una bioconvención. (Atlas & Bartha, 2002)

Las aguas residuales de las industrias lácteas son generalmente neutras o poco alcalinas, pero tienen tendencia a volverse ácidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche produciendo ácido láctico, sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, descendiendo el pH a 4,5 – 5,0. (Arango & Sanches, 2009)

La composición de estas aguas incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa, sales minerales y suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albúminas, y globulinas) con una DQO entre 2000 – 4000 mg/L y una DBO₅ entre 2000 – 3000 mg/L. Los principales procesos de la industria láctea que producen residuos contaminantes son los de producción de quesos, cremas y mantequilla, el lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina. Las aguas residuales generadas en la industria láctea presentan una contaminación principalmente de

carácter orgánico, con una elevada concentración de grasas y también de nitrógeno y fósforo. Además, se estima el suero generado en la elaboración de quesos tiene una DBO₅ del orden de 40.000 - 50.000 mg/L y se considera que una granja que procese unos 100 m³/día de leche para la elaboración de queso, genera la misma contaminación que un núcleo de 55.000 habitantes. (Arango & Sanches, 2009)

La cantidad diaria de agua residual es considerable en la industria láctea. Está compuesta comúnmente por: (Spreer, 1973: p.423)

- a) *Agua residual que contiene componentes de la leche*: son las resultantes de la limpieza de utensilios, aparatos y locales en las secciones de higienización y transformación industrial de la leche. Su cantidad total varía entre 0,8 y 1,5 veces el volumen de leche transformando cada día.
- b) *Aguas residuales de los servicios sociales*: son las de los lavabos, retretes y cocina. Representan unos 75 litros por empleado.
- c) *Aguas residuales de la refrigeración*: representan una cantidad 2 a 4 veces mayor que la de leche suministrada.

Las aguas residuales que contienen, sobre todo restos de leche, pueden ocasionar grandes daños en las instalaciones de desagüe. Esto es debido a que dichas aguas poseen en parte una proporción elevada de sustancias orgánicas, las cuales no pueden ser eliminadas con facilidad. (Spreer, 1973: p.424)

1.4. Queserías artesanales

Se define como quesera artesanal según Fernández, (2005) citado en Villacis (2017) bajo dos criterios: cuantitativo cuando los quesos son elaborados de manera manual en cantidades no superiores a 500 o 1000 litros diarios. Cualitativo cuando los quesos son elaborados únicamente con leche cruda, cuajo y sal.

Las queserías artesanales elaboran productos con la leche producida en el establecimiento, como principal producto los quesos, realizando tareas que requieren varios esfuerzos en un marco natural. (Mosquera et al., 2006)

Actualmente los quesos artesanales se venden mayoritariamente en ferias y almacenes para un público medio y medio bajo, ya que su principal factor competitivo es su bajo precio. Paralelamente, el quesero artesanal es visto como un competidor no deseable por parte de la industria y es percibido, además, como un sector que utiliza la informalidad para competir en forma desleal. (Produccion Nacional , 2009)

En la elaboración de quesos, el suero es el subproducto más representativo y dado que contiene cantidades de lactosa, proteínas, grasas, sales y minerales su carga orgánica es elevada por consiguiente eleva el grado de impurificación de las aguas residuales; por aquello hay que evitar su desagüe por la canalización directa. De ahí la necesidad de recoger el suero goteado en bandejas adecuadas, desde las cuales será conducido si es posible a los depósitos desinfectados para contenerlos. (Spreer, 1973: p.421)

En el Ecuador la producción de leche en el año 2014 fue de 5.60 millones de litros, concentrándose en la Sierra con un 72, 8 % de leche producida, seguido de la Costa con el 18,84% y la región Oriental con un 5,26%. (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2016)

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca el 35 % de la producción total de la leche es dedicado a la producción de queso artesanal, 6% para derivados lácteos como yogurt, quesos maduros, manjar entre otros y el 1% aproximadamente se comercializa. (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2011. Por lo tanto la elaboración artesanal de quesos ha constituido durante décadas un sustento alimenticio para las familias que generalmente habitan en las poblaciones rurales del país, quienes a su vez han logrado generar fuentes económicas gracias a la elaboración y venta de quesos. (Ochoa, 2012)

Esto significa que se usan 0.24 millones de litros de leche al día para la producción de queso, por esto es necesario pensar en las consecuencias ambientales. La mayoría de los desechos producidos en la fabricación del queso artesanal son residuos líquidos, los cuales constituyen el 99% de la generación total.(Sáenz & Vergara, 2010) El procedimiento más común es la descarga de los efluentes

a cuerpos de agua dulce cercanos, acciones que producen efectos negativos no solamente a los ecosistemas directamente relacionados a los cuerpos de agua, sino también a las comunidades que usan estos ríos como fuentes de agua dulce. (González, 2012)

1.5. Tratamientos para aguas residuales

El objetivo principal de una instalación de tratamiento de aguas residuales es reducir los materiales orgánicos e inorgánicos del agua a niveles que no puedan sustentar el crecimiento microbiano y eliminar otros materiales potencialmente tóxicos. La eficacia del tratamiento orgánico se expresa en forma de reducción de la demanda biológica de oxígeno, que es la cantidad relativa de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos para oxidar por completo toda la materia orgánica e inorgánica en una muestra de agua residual determinar una alta DBO₅. (Madigan al et., 2009: p.1149)

El tratamiento es una operación de varios pasos que emplea distintos procesos físicos y biológicos de modo independiente. Para reducir la contaminación biológica y química de las aguas residuales se emplea tratamientos primarios, secundarios y a veces terciarios y cada nivel de tratamiento utiliza tecnologías cada vez más complejas. (Madigan al et., 2009: p.1149)

Para una optimización de los procesos de tratamiento de las aguas residuales, es muy importante que el suero de quesería, o lacto suero, no se mezcle con las aguas residuales. Si el lacto suero no se desea aprovechar, éste deberá ser tratado de forma aislada. (Arango, 2009)

1.5.1. Tratamientos primarios

El tratamiento primario utiliza solo un método de separación física para separar los materiales sólidos y particulados del agua, tanto orgánicos como inorgánicos. El agua residual que entra en la planta de tratamientos pasa a través de una serie de rejillas y cribas que eliminan los objetos de gran tamaño. El efluente se deja reposar durante horas para permitir la sedimentación de los sólidos en la parte inferior de los depósitos de separación. (Gonzales, 2011)

Los servicios que proporcionan solo tratamiento primario vierten agua muy contaminada con un alto DBO₅, porque en el agua resultante de este tratamiento primario permanecen niveles elevados de materia orgánica soluble o suspendida junto a otros nutrientes. Estos nutrientes pueden inducir un crecimiento microbiano indeseable, reduciendo aún más la calidad del agua. Por consiguiente, la mayoría de las plantas emplean tratamientos secundarios incluso terciarios para reducir el contenido orgánico de las aguas antes de su vertido a cauces naturales. (Madigan al et., 2009: p.1149)

1.5.2. Tratamientos Secundarios

Los procesos del tratamiento secundario usan digestión microbiana tanto aeróbica como anaeróbica para reducir aún más el contenido en nutrientes orgánicos del agua residual. (Rodie et al., 1987)

El tratamiento secundario anaerobio, implica una serie de reacciones digestivas y fermentativas realizadas por varios procariontes en condiciones anaerobias. El tratamiento anaerobio se emplea típicamente para tratar aguas con grandes cantidades de materia orgánica insoluble, por tanto, con una DBO₅ elevada, como fibras y residuos de celulosa (industria alimentaria o láctea). El proceso mismo de degradación anaerobia se lleva a cabo en grandes tanques cerrados llamados digestores de fangos o biorreactores. (Madigan al et., 2009: p.1150)

La fermentación o la digestión anaerobia es un mecanismo de degradación de biomasa por el cual las moléculas orgánicas son descompuestas en componentes energéticos individual de forma espontánea por la acción de los microorganismos. El producto gaseoso de la fermentación se denomina biogás, y consiste fundamentalmente en una mezcla de metano y dióxido de carbono que puede destinarse a aplicaciones energéticas. (Cobián, 2009)

Los **tratamientos aerobios** emplean reacciones digestivas realizadas por diversos grupos de microorganismos principalmente bacterias y protozoos, que en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta transformándola en productos inocuos y material celular. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y de CO₂, en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas. (Rodríguez, 2012)

Los procesos aerobios funcionan con una amplia gama de sustancias posible degradar en ciclos sencillos, por su aplicación en aguas residuales pueden estar muy condicionados por la baja solubilidad de oxígeno en el agua. Existen procesos aerobios fijos y en suspensión: cultivos en suspensión, procesos de fangos activados, lagunas aireadas, digestión aerobia(Ros, 2011)

En general las aguas procedentes de áreas residenciales pueden tratar eficazmente usando tan solo tratamientos aerobios. Para estos tratamientos se emplean varios procesos de descomposición aeróbica, pero los más comunes son el filtro percolado o de goteo y el de fango activado. (Madigan al et., 2009: p.1152)

Un filtro de goteo es un lecho de dos metros de anchura con piedras aplastadas, en cuya parte superior se añade lentamente el agua residual. El material orgánico se adsorbe sobre las piedras y los microorganismos crecen en la superficie expuesta. En el extenso film microbiano que se desarrollan en las piedras ocurre una mineralización completa de la materia orgánica hasta dióxido de carbono, amoníaco, nitrato, sulfato y fosforo. (Allen, 2015)

El sistema de tratamiento aeróbico más frecuente es el de fango activado. Aquí, el agua a tratar se mezcla y se airea en grandes tanques. Las bacterias formadoras de limo crecen y forman flóculos que se unen a los protozoos, los pequeños animales, las bacterias filamentosas y los hongos. (Peralta et al., 2013)

1.5.3. Tratamientos Terciarios

El tratamiento terciario de las aguas residuales en cualquier procedimiento físico-químico o biológico que emplee biorreactores, precipitación, filtración o cloración de modo similar a los procedimientos que se utilizan para la purificación del agua. El tratamiento terciario reduce claramente los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente los fosfatos, nitritos y nitratos, en el efluente final. (Secretaria Alianza por el Aguas, 2012: p.37)

Las aguas que reciben un tratamiento terciario no contienen esencialmente nutrientes y por tanto no pueden sustentar un crecimiento microbiano significativo. El tratamiento terciario es el método más completo para el tratamiento de aguas residuales, pero no se adoptado de modo generalizado

debido a los costes asociados a una eliminación de nutrientes tan completa. (Secretaría Alianza por el Agua, 2012: p.38)

1.6. Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes fueron desarrollados en la década de los ochenta por el doctor Teuro Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Japón. Estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potencializado estaba en su mezcla, desde entonces esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 80 países en todo el mundo. (Ibañez, 2011)

Los microorganismos eficientes son un conjunto de microorganismos que contiene bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*), bacterias fototrópicas (*Rhodopseudomonas spp*) (*Lactobacillus spp*) y levaduras (*Saccharomyces spp*) las cuales son novedosas y presentan gran variedad de usos, dentro de los cuales se encuentran la disminución de la contaminación de aguas residuales por poseer capacidad sinérgica, sintrófica y metabiótica. (Arismendi et al., 2010)

El agua contaminada presenta niveles altos de DBO₅, DQO, pH, patógenos y otros parámetros. La aplicación de los microorganismos eficientes puede normalizar el pH, incrementar el oxígeno disuelto, reducción de sedimentos, transformación de la materia orgánica, reducción de los valores de DQO y DBO₅ con excelentes resultados a corto tiempo. (EM, 2013)

1.6.1. Consorcio Microbiano de Microorganismos Eficientes Earth Ecuador (AGARTH) codificación No. 02087353.

El consorcio de microorganismos eficientes distribuido por la Asociación de Graduados Earth Ecuador (AGARTH), bajo la licencia EW Research Organization INC, EMRO Japón, contiene *Rhodopseudomonas palustris*, *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae* este consorcio se direcciona a que es autosustentable independiente, recolecta energía y la usa para transformar la materia orgánica, estimula el "efecto de rotación", una ocurrencia que se produce como resultado de la regeneración de organismos beneficiosos y la eliminación de bacterias patógenas, mejora la

actividades de los microorganismos autóctonos beneficiosos por ejemplo las micorrizas que fijan el nitrógeno atmosférico, disminuye olores desagradables, controla el pH.

1.6.1.1. Bacterias fotosintéticas.

Estas bacterias se caracterizan por ser fotosintéticas, producen energía utilizando la luz solar y el calor para sintetizar sustancias útiles a partir de raíces de plantas, materia orgánica y gases dañinos. Las sustancias sintetizadas contienen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, estos metabolitos son absorbidos directamente y actúan como sustrato para el incremento de microorganismos benéficos e impiden malos olores. Son productoras de enzimas capaces degradar compuestos orgánicos e inorgánicos. (Calderón et al., 2013)

Rhodopseudomonas palustris

Rhodopseudomonas palustris es una bacteria púrpura no sulfurosa de naturaleza metabólicamente versátil porque puede sostenerse en cuatro estados diferentes (fotoautotrófico, fotoheterotrófico, quimioautótrofo y quimioheterotrófico) es decir que puede usar compuestos ligeros y orgánicos para obtener energía. El genoma de esta bacteria tiene genes predichos para codificar tres nitrogenasas diferentes. Esta bacteria habita tanto en el suelo como en el agua, ayuda en la producción de Hidrógeno (Productor de Biocombustible), fijación de dióxido de carbono, lo más importante que atrajo a los investigadores su capacidad para biodegradar contaminantes orgánicos tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas. (Oda et al., 2001)

La bacteria *R. palustris* crecen incluso en condiciones anaeróbicas y producen energía usando luz u otros compuestos orgánicos. En función de esta naturaleza de estas bacterias, pueden detectar los cambios ambientales y cambiar sus rutas metabólicas dependiendo del cambio. Esto ayuda a usar la bacteria para aplicaciones biotecnológicas. Incluso esta bacteria puede modular su fotosíntesis en función de la luz disponible. (Oda et al., 2001)

1.6.1.2. Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas son bacilos y cocos Gram- positivos que producen ácido láctico como único o principal producto de fermentación. Los miembros de este grupo carecen de porfirinas y citocromos, no llevan a cabo fosforilización oxidativa y por tanto obteniendo su energía exclusivamente mediante fosforilización a nivel de sustrato. Todas las bacterias del ácido láctico crecen anaeróbicamente. Sin embargo, la mayoría de las bacterias del ácido láctico no son sensibles al O₂ y pueden crecer en su presencia; por tanto, se denominan anaerobios aerotolerantes. La mayoría de bacterias ácido lácticas obtienen su energía exclusivamente mediante el metabolismo de azúcares y por tanto están normalmente restringidas a ambientes en los que hay azúcares disponibles. Tienen por lo general capacidades biosintéticas limitadas y sus complejas necesidades nutricionales incluyen aminoácidos, vitaminas, purinas y pirimidinas. (Parra, 2010: p.95)

Una importante diferencia entre los subgrupos de las bacterias del ácido láctico se basa en el patrón de productos que generan como consecuencia de la fermentación de azúcares. Uno de estos grupos, el denominado homofermentativo, produce ácido láctico como único producto de fermentación. El otro grupo, denominado heterofermentativo, produce otros compuestos, fundamentalmente etanol y CO₂, así como el lactato. El ácido láctico, como agente altamente esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa y acelera la transformación de la materia orgánica. (Madigan et al., 2009: p.493)-

Lactobacillus

Los *Lactobacillus* presentan normalmente morfología bacilar, que pueden variar desde bacilos largos y esbeltos a bacilos cortos y curvilíneos. La mayoría de las especies son homofermentativas, pero algunas son heterofermentativas. Los lactobacilos son habituales en los productos derivados de las leches fermentadas. (Madigan et al., 2009: p.494)

Los lactobacilos normalmente son más resistentes a condiciones ácidas que otras bacterias del ácido láctico ya que son capaces de crecer eficientemente a valores de pH de hasta 4. Es por ello que pueden ser aislados selectivamente de muestras naturales utilizando un medio rico ácido con carbohidratos como por ejemplo agar peptona con jugo de tomate. (Madigan et al., 2009: p.495)

La resistencia a la acidez de los lactobacilos les permite continuar creciendo durante la fermentación láctica, incluso cuando los valores de pH son ya demasiado bajos para el crecimiento de otras bacterias del ácido láctico. Los lactobacilos son por tanto responsables de los últimos estudios de la mayoría de las fermentaciones lácticas. Nunca o prácticamente nunca, son patógenos. (Madigan et al., 2009: p.495)

Lactobacillus casei

Es una bacteria Gram positiva en forma de bastón, presente de forma natural en el intestino, la boca de los seres humanos y también en vegetales fermentados, leche, carne y ambiente. El nombre de la bacteria se debe a que se relaciona con el queso: *casei* y *caseína* (proteína de la leche), fue usada por primera vez en 1919. Es una bacteria probiótica, productora de ácido láctico y como tal se emplea en la fermentación y en la elaboración de productos lácteos fermentados. El grupo *L. casei* consta de diversas bacterias mesofílicas, ácido lácticas, anaerobias facultativas y homo o heterofermentativas. Su metabolismo proporciona cualidades organolépticas a diversas leches fermentadas y quesos. (Prokey, 2017)

1.6.1.3. Levaduras

Sintetizan sustancias bioactivas antimicrobianas y sustancias útiles para las plantas, tales como hormonas y enzimas, que ayudan a promover la división celular, todo ello a partir de los aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas (Madigan et al., 2009: p.599)

Las células de levaduras son normalmente más grandes que las células bacterianas y pueden distinguirse microscópicamente de los procariontes gracias a su mayor tamaño y a la presencia obvia de estructuras intracelulares como el núcleo o vacuola citoplasma. (Enciclopedia de Características , 2017)

Las levaduras prosperan en hábitats donde hay azúcares disponibles, como en frutas, flores o la corteza de los árboles. La mayoría de las levaduras son anaerobios facultativos, capaces tanto de un metabolismo totalmente aeróbico como de un metabolismo fermentativo. (Contreras, 2013)

Una serie de especies de levaduras viven en simbiosis con animales, especialmente insectos y unas cuantas especies son patógenos de animales y de humanos. Las levaduras de más relevancia comercial son las levaduras panaderas y cervecera, que son miembros del género *Saccharomyces* (Repositorio USAN, 2007)

Saccharomyces cerevisiae

Las células de *Saccharomyces* son normalmente esféricas, ovales o cilíndricas y su división celular normalmente se produce por gemación. En el proceso de gemación, la nueva célula se forma como una pequeña excrescencia de la célula progenitora; esta yema va engrosándose gradualmente y se acaba separando de la célula progenitora. Aunque la mayoría de levaduras aparentemente solo se reproducen como células individuales, algunas de ellas, incluso la *Saccharomyces cerevisiae*, puede formar filamentos en respuesta a ciertas condiciones ambientales. (Madigan et al., 2009: p.599)

Saccharomyces cerevisiae, puede aislarse con facilidad en plantas y tierra, así como en el tracto gastrointestinal del ser humano. Es una levadura que contribuye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad, su nombre del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza). Es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa. (CSIC, 2016)

Los microorganismos utilizados como fuente de proteínas, fueron las levaduras, principalmente la *Saccharomyces cerevisiae*, fue el primer organismo eucariota en ser secuenciado y actualmente es el genoma eucariota mejor conocido (Suárez, et al., 2016).

Las levaduras como microorganismos eficientes producen hormonas y enzimas que promueven la división de células; utilizando los aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas y produciendo factores de crecimiento para las bacterias de ácido láctico. Concluyendo que las diferentes especies de microorganismos eficientes se complementan entre

sí y se encuentran en una relación mutuamente beneficiosa para las aguas residuales de que seras artesanales.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Lugar de la Investigación

Quesería artesanal “El Pajonal” se encuentra operando desde el año 2009 en la parroquia de Quimiag.

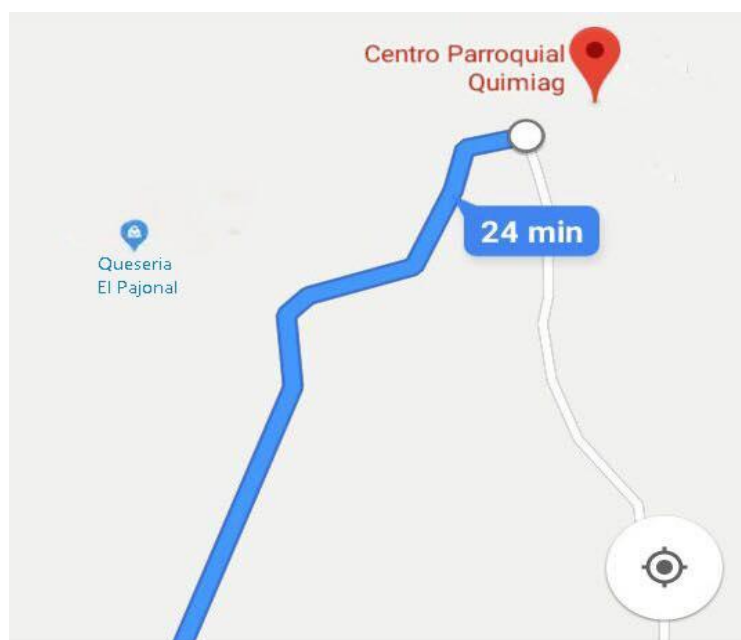


Figura 1-2: Ubicación Geográfica de la Quesería El Pajonal

Fuente: Google Maps, 2018

La quesoería “El Pajonal” se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas X: 770633.0700; Y: 9816866.9500; DATUM: WGS 84, a una altura de 2730msnm, su temperatura promedio es de 14°C, su latitud es de -1.66667 y su longitud es de -78.5667

2.2. Hipótesis y especificación de las variables

2.2.1. Hipótesis general:

Es eficiente el uso de microorganismos eficientes dentro del tratamiento para las aguas residuales de las queserías artesanales de la parroquia Quimiag.

2.2.2. Variables

2.2.2.1. Variable Dependiente

Parámetros físico químicos, DBO₅, DQO, SST y ST.

2.2.2.2. Variable Independiente

La concentración de los microorganismos eficientes (0,01; 0,02; 0,04 volumen de microorganismos eficientes /volumen de agua residual)

2.3. Tipo y diseño de Investigación

Esta investigación es de tipo experimental y correlacional ya que se analizó los microorganismos eficientes en diferentes concentraciones de 0.01, 0.02, 0.04 litros de microorganismos eficientes/volumen de agua residual, con el fin de conocer cuál es la más adecuada en la reducción de DBO₅, DQO, SST, ST en las aguas residuales provenientes de la quesería artesanal “El Pajonal” de la parroquia Quimiag.

2.4. Unidad de análisis

Se trabajó con cuatro unidades experimentales cada una con dos litros de agua residual: 1 blanco y 3 unidades tratamiento con 3 repeticiones, en donde se colocó las diferentes concentraciones de los microorganismos eficientes. Todas las unidades de estudio se realizaron en condiciones aerobias.

Tabla 1-2: Unidad de Análisis para el Tratamiento

Unidades Experimentales	Concentración de microorganismos eficientes (V/V) (L de EM.1/L agua Residual)	Tratamientos	Repeticiones
UE1	Tratamiento de control	Tc	3
UE2	0,01	T1	
UE3	0,02	T2	
UE4	0,04	T3	

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

La concentración de microorganismos eficientes se realizó de acuerdo al Manual Práctico de uso de microorganismos eficientes, en una dosis de 1 litro por cada 1000 litros de aguas a tratar. La estrategia de este volumen es que mientras haya más microorganismos benéficos consumidores de materia orgánica en el lugar, el proceso de purificación es más eficiente dando como resultado una reducción de los contaminantes más rápida. (Higa, 1996: pp.20-24)

2.5. Población de estudio

Los microorganismos eficientes (EM.1) fueron obtenidos de manera comercial de la Asociación de Graduados Earth Ecuador (AGARTH) codificación No. 02087353, bajo la licencia EW Research Organization INC, EMRO Japón.

Consorcio formado por los organismos: *Rhodospseudomonas palustrus* (bacterias fotosintéticas), *Lactobacillus casei* (bacterias ácido lácticas), *Saccharomyces cerevisiae* (levadura)

2.6. Tamaño de la muestra

Se trabajó con el volumen de dos litros de agua residual por cada unidad experimental, esta cantidad de agua se seleccionó debido a que la investigación es de laboratorio y la quesería de estudio es artesanal abarcando cantidades de 500 a 1000 litros diarios de leche para la elaboración de sus productos. (UNEP, 2000 citado en Saenz, 2013: p.6)

2.7. Selección de muestra

Se empleó la toma de una muestra compuesta para el agua residual del proceso de producción, provenientes de la quesería artesanal “El Pajonal” en su punto descarga con la norma INEN 2169. Para el uso de los microorganismos eficientes fueron adquiridos de manera comercial en la Agencia de Graduados EARTH Ecuador ubicada en la ciudad de Guayaquil.

2.8. Técnicas de recolección de datos

2.8.1. Localización y descripción del lugar

En la Provincia de Chimborazo, cantón Riobamba se encuentra ubicada la parroquia Quimiag, se encuentra al sur oriente de la ciudad, sus principales actividades económicas son el turismo, la agricultura y ganadería.

En la parroquia Quimiag existen 12 queserías artesanales que también se dedican a realizar otros productos lácteos. La presente investigación se realizó con el agua residual generada por una de estas queserías llamada “El Pajonal”, considerada la industria representativa de la zona por su producción, infraestructura, accesibilidad y apertura para la realización de la investigación.

La quesería artesanal “El Pajonal” recibe alrededor de 1800 litros de leche diariamente provenientes de distintos lugares de la parroquia y de acuerdo a la evaluación sobre la Buenas Prácticas de Manufactura realizado por el Ministerio de Industrias y Productividad Zona 3 (2016),

esta quesería presenta un cumplimiento del 42% en instalaciones, 67% en equipos y 20% en operaciones, siendo la industria con los valores más altos de cumplimiento a nivel de la parroquia.

La quesería cuenta con 8 ciclos productivos que abarca desde el tratamiento térmico hasta el salado del queso, diariamente producen 200 quesos de 700 gramos y 360 quesos redondos de 500 gramos. Se considera una pérdida de 30 litros de leche que entran a los sistemas drenaje. Además, el uso principal del agua es para el enfriamiento de la leche después del tratamiento térmico, la cual pasa a un sistema de recirculación y una parte del agua que es usada para el enfriamiento es almacenada para otras operaciones y lo sobrante se deja ir al sistema de alcantarillado. (Vallejo, 2013: p.15)

Por medio de indagaciones y observación, se pudo notar que la mayor cantidad de agua residual se genera en las operaciones de moldeo y prensado del queso, además, el agua generada en estas operaciones se mezcla con el suero de la leche antes de entrar a la canaleta que pasa después directamente al sistema de alcantarillado. Se estima una producción de 90 litros de suero de leche por cada ciclo de producción.

La quesería cuenta con un sistema de alcantarillado independiente para la planta de producción donde se elaboran los quesos; el suero de la leche en su mayoría es recuperado por medio de un sistema de drenaje, aunque una parte se pierde dentro del proceso.

2.8.1.1. Proceso productivo de la Quesería

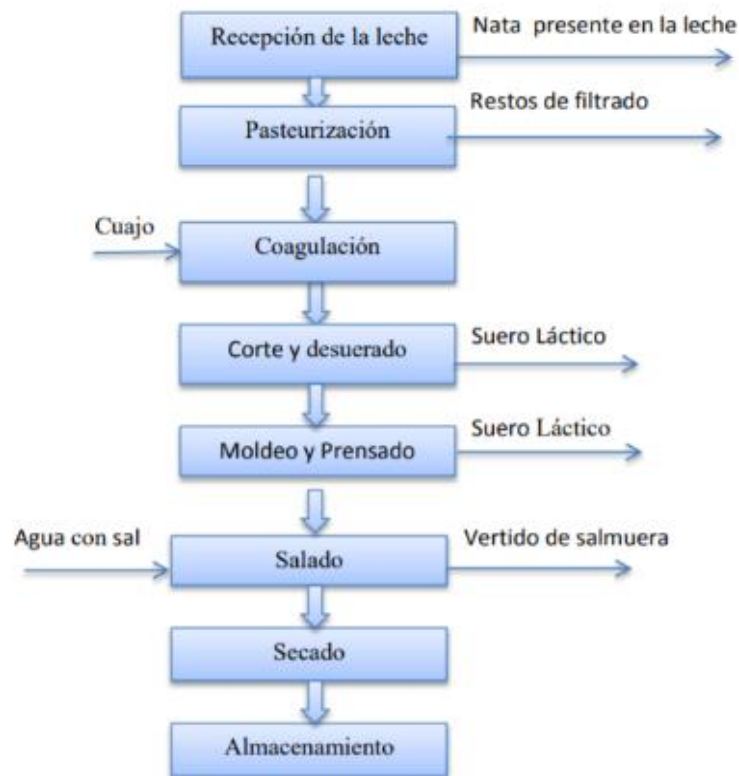


Figura 2-2: Proceso Productivo quesería “El Pajonal”

Fuente: Vallejo, 2013

La quesería “El Pajonal” empieza sus actividades desde las cinco de la mañana alistando la planta para la producción del queso y la recepción de la leche que empieza desde las siete de la mañana hasta las doce del mediodía. La leche como primera instancia es sometida a un análisis físico-químico para confirmar su calidad e inocuidad, la producción inicia con el tratamiento térmico, pasa después a su enfriamiento, luego pasa al proceso de coagulación por la adición del cuajo.

Concluido el tiempo de la coagulación se traslada a las bandejas para el corte y desuerado que dura aproximadamente dos horas para separar el suero de leche y se da paso a la etapa de moldeo y prensado, tomando en cuenta el tipo de queso a elaborarse.

Se termina el moldeo y prensado del queso se pasa a la etapa del salado que dura aproximadamente una hora y finalmente el producto se empaca y etiqueta. El producto terminado es almacenado en cuartos fríos hasta su distribución.

2.8.2. *Recolección de la muestra*

La toma de muestra se realizó con la Norma Técnica Ecuatorial INEN 2169 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras. (INEN, 2013)

El agua residual fue recolectada tomando en cuenta el proceso y sus ciclos de producción de la quesería, se recogió una muestra compuesta en la etapa de moldeo y prensado directamente en la canaleta de salida antes de su ingreso a la red de alcantarillado.

En primera instancia se realizó cinco muestreos del agua residual en distintas semanas con la finalidad de observar la variabilidad del proceso. Puesto que la DBO₅, DQO, sólidos totales y los sólidos en suspensión no deberían presentar cambios significativos. Se tomó en cuenta tres de ellos y un muestreo adicional para las unidades experimentales que fueron sometidas al tratamiento biológico.

El muestreo se realizó durante las horas de mayor producción tomando 30 litros de agua de cada ciclo, el agua residual se colocó en un recipiente de 180 litros de capacidad, una vez terminado el muestreo, se homogenizó y se midió temperatura y pH in situ.

2.8.3. *Caracterización de parámetros físicos - químicos y microbiológicos*

Para la caracterización físico-química y microbiológica se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos totales, Sólidos suspendidos, Nitratos, Nitritos, Cloruros, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y grasas, Coliformes totales, Coliformes fecales.

Tanto el pH como la temperatura fueron medidos in situ: La medición de pH se determinó usando tiras indicadoras y la temperatura se realizó por medio de un termómetro. Para el análisis físico-químico se tomó un litro de agua en una botella ámbar y para el análisis microbiológico se tomó la muestra en un recipiente estéril fueron analizados por el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo [UNACH].

Tabla 2-2: Análisis físico-químicos y microbiológicos

PARÁMETRO	MÉTODO / PROCEDIMIENTO
Aceites y grasas	EPA 418.1
DBO ₅	STANDARD METHODS 5210-B
DQO	STANDARD METHODS 5220-D mod
Sólidos suspendidos	STANDARD METHODS 2540-D
Sólidos totales	STANDARD METHODS 2540-B
Fosfatos	STANDARD METHODS 4500-P-E
Cloruros	STANDARD METHODS 35000-CI-E
Nitratos	STANDARD METHODS 4500-NO ₃ -E
Nitritos	STANDARD METHODS 4500- NO ₂
Fosfatos	STANDARD METHODS 4500-P-E
Coliformes totales	STANDARD METHODS 9221-B
Coliformes fecales	STANDARD METHODS 9221-B

Fuente: UNACH, 2017

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

2.8.4. Activación de los microorganismos eficientes

Para la activación de los microorganismos eficientes se necesitó los siguientes insumos:

- Melaza
- Agua dulce
- Microorganismos Eficientes EM.1

Para su preparación se necesita 5 % de EM.1, 5% de melaza y se completa la preparación con el 90 % de agua dulce. Para la presente investigación se activó 1 litro de microorganismos eficientes y se colocó 1 litro de melaza y 12 litros de agua dulce. Posteriormente se mezcló el agua con la melaza y los microorganismos en ese orden para la ambientación de los mismos, todo este proceso fue situado en un envase plástico de 20 litros, sin contaminación química, limpio y herméticamente cerrado. (EM Producción y Tecnología S.A, 2010)

La mezcla permaneció bajo la sombra durante 7 días, dejando escapar los gases generados en el interior del envase, controlando también el pH sea inferior a 3,5 antes de su aplicación, ya que de acuerdo a la ficha técnica de la Asociación de Graduados de la Earth-Ecuador (AGEARTH) la apariencia de la solución debe ser de color marrón amarillenta con un olor fuertemente a fermento.

El EM Activado se conserva en un lugar fresco y oscuro a temperatura ambiente y debe utilizarse antes de los 60 días de activado de lo contrario pierde su efectividad. (EEAITAJ, 2009)

2.8.5. *Inoculación del agua residual*

Para la inoculación de los microorganismos eficientes en la muestra de agua residual, se recolectó 30 litros de agua de la muestra compuesta y se colocó 2 litros en 12 envases estériles de 4 litros de capacidad. La inoculación de la solución de EM.1 en el agua residual se realizó siguiendo un modelo completamente aleatorio.

Se llevaron a cabo tres tratamientos más un control con tres repeticiones cada uno, la inoculación se realizó en el agua residual sin suplemento nutricional de la siguiente manera:

- Tratamiento uno: 2 litros agua residual + 0,01 litros de EM.1
- Tratamiento dos: 2 litros agua residual + 0,02 litros de EM.1
- Tratamiento tres: 2 litros agua residual + 0,04 litros de EM.1
- Tratamiento control: 2 litros agua residual (sin adición de EM.1)

Una vez inoculadas las unidades experimentales, cada unidad fue incubada a temperatura ambiente de forma aerobia controlando los parámetros en estudio a los 10,30 y 45 días y los análisis fueron realizados en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

2.8.6. *Determinación de la eficiencia de los microorganismos eficientes en la reducción de DBO₅, DQO, Sólidos Totales y Disueltos en aguas residuales de las queserías artesanales de la parroquia Quimiag.*

Para la evaluación del agua residual proveniente de la quesería artesanal “El Pajonal” en los tratamientos utilizados, los datos obtenidos se sometieron a análisis de un modelo multivariado para el comportamiento de las concentraciones en las variables y un modelo lineal general para

el comportamiento de las variables en el periodo de estudio usando el paquete estadístico IBM SPSS versión 23.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para DBO₅ se utilizó el método gasométrico, se realizaron disoluciones de agua residual 10 ml en 100 ml de agua destilada, se procede a colocar en la botella ámbar la dilución y se agrega los nutrientes calcio, hierro y magnesio y un agitador magnético. Se procede a colocar el tapón en la botella y se adiciona NaOH para evitar fuga de gases y se observa la medición en 5 días.

Demanda Química de Oxígeno

Para la DQO se toma 2 ml de la muestra diluida en este caso del agua residual que se realizó una dilución de 10 ml en 100 ml de agua destilada, posteriormente se pipeteo 25 ml de la dilución 10/100 y se colocó en un matraz de 100 ml y se aforo con agua destilada.

Los 2ml de agua se introdujeron en el vial HACH (CAT 2125925), que fue sometido a 180 grados centígrados en el equipo Thermoreactor durante 5 horas. Luego se dio lectura a la medición en el equipo HACH DR2800.

Sólidos Suspendidos

Para la medición de los sólidos suspendidos se procedió a realizar la dilución de 10 ml de agua residual en 100 ml de agua destilada y posteriormente se midió en el equipo HACH DR2800.

Sólidos Totales

Para los sólidos totales se procedió a pesar una caja Petri previamente tarada (vacía), se agito la muestra de agua y se colocó 25 ml de muestra en la caja. Posteriormente se sometió a baño María

hasta sequedad, luego se introdujo a la estufa durante 15 minutos para pronto colocarla en el desecador aproximadamente 15 minutos y pesarla.

Para obtener las mediciones de los sólidos totales fue con la siguiente formula:

$$ST = \frac{\text{caja petri}_{muestra} - \text{caja petri}_{tarada}}{\text{volumen de muestra}}$$

Ecuación 1-2: Para obtener los Sólidos Totales

2.9. Procedimientos Realizados en el Estudio

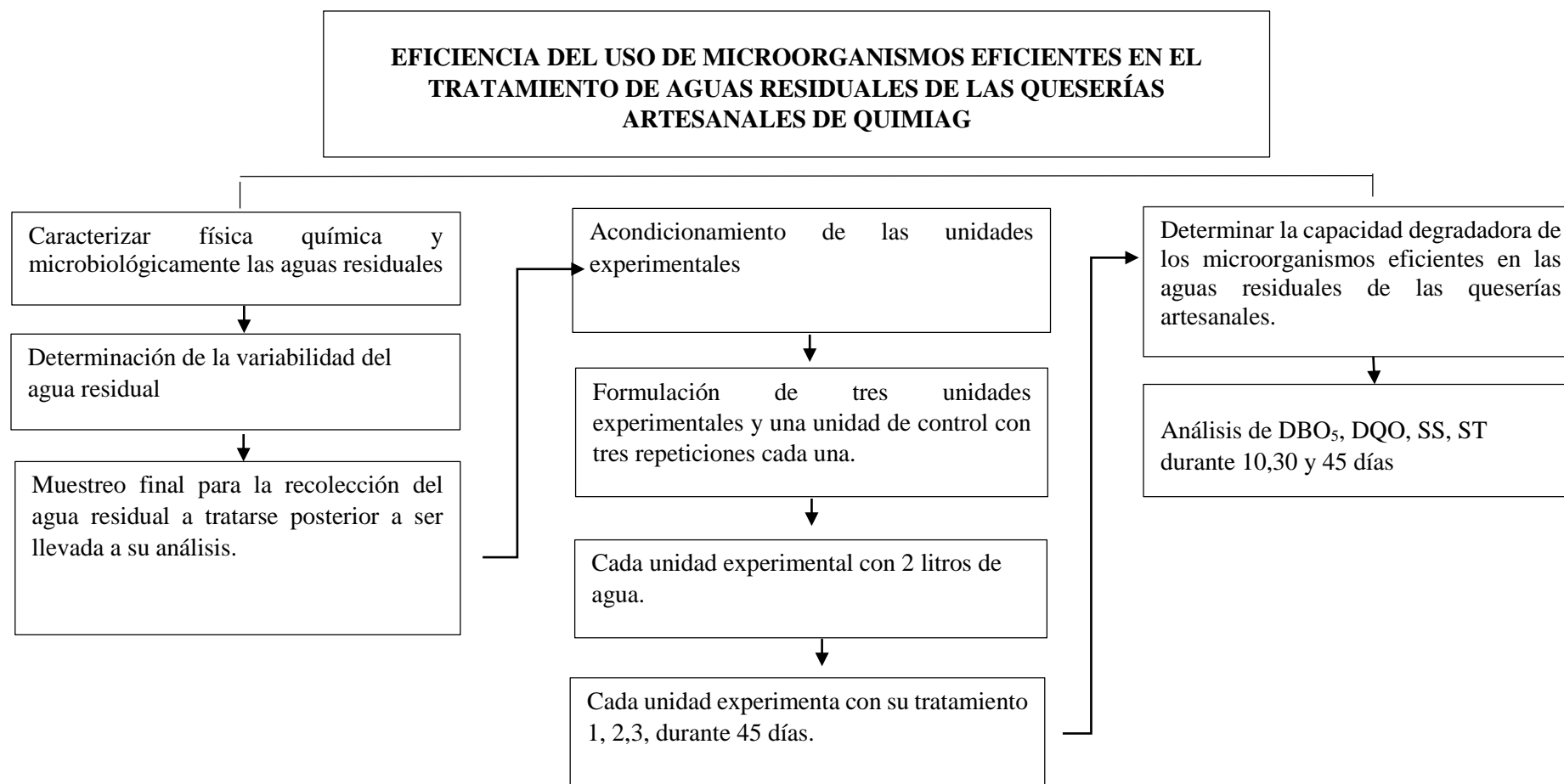


Ilustración 1-2: Diagrama del Proceso de la Investigación

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1. Resultados, análisis y discusión

3.1.1. Caracterización de parámetros físico-químicos y microbiológicos.

Los resultados sobre la caracterización física-química y microbiológica del agua residual se exponen en la Tabla 3-3:

Tabla 3-3: Caracterización física-química y microbiológica del agua residual

PARAMETRO	UNIDAD	M1 06-07-2017	M2 03/08/2017	M3 23/08/2017	M4 05/10/2017
pH		4,24	5,75	6,11	6,8
Temperatura	°C	26	32	30	29
Conductividad	µs/cm	2930	14690	91400	3040
Sólidos totales	mg/L	14212	16814	79090	41966
Sólidos suspendidos	mg/L	10450	3450	15471	2750
Nitratos	mg/L	34,5	2035	958	1248
Nitritos	mg/L	0,205	2,55	0,79	2,6
Cloruros	mg/L	893340	560	484	506
Fosfatos	mg/L	53,75	227	168	250
DBO ₅	mg/L	14350	16684	17860	22052
DQO	mg/L	17050	27350	29456	41600
Aceites y grasas	mg/L	396	1248	2968	2577
Coliformes totales	NMP/100ml	222	508	552	834
Coliformes fecales	NMP/100ml	Ausencia<2	Ausencia <2	Ausencia <2	Ausencia <2

Fuente: UNACH, 2017

Realizado Por: Murillo Daniela, 2017

Los resultados de la Tabla 3-3 concuerdan con las características explicadas por la Escuela de Organización Industrial EOI (2008) para aguas residuales generadas en la industria de lácteos y producción de queso, por presentar altos valores de DBO₅ y DQO debido a la presencia de materia orgánica y altos valores de sólidos suspendidos y sólidos totales. Es evidente que en las aguas residuales se elimina alta cantidad de lacto suero, sustancia rica en grasa, vitaminas, azúcares y minerales, consecuentemente un alto contenido de microorganismos y por tanto concuerda con lo expresado por el Centro de Actividad Regional (2002) donde se menciona que el lacto suero provoca un aumento en la DBO₅ y DQO.

Para los valores de conductividad, pH, temperatura, nitritos, nitratos, cloruros y fosfatos se encuentran dentro de los rangos mencionados por la Escuela de Organización Industrial (EOI) (2008) y Villena (2007), el agua caracterizada no contiene productos de limpieza y desinfección y no llega a la etapa de salado del queso. Además, los valores de aceites y grasas son elevados debido a la grasa de la leche.

El análisis microbiológico del agua residual presentó coliformes totales en valores de 222, 508, 552, 834 NMP/100mly ausencia de coliformes fecales, por lo tanto, el agua que se utiliza en el proceso de producción no presenta una alta contaminación bacteriológica de riesgo. De acuerdo al NCPH, (2009) los coliformes totales se encuentran en el medio ambiente por lo que su incorporación al agua residual podría ser explicada por arrastre de contaminantes presentes en el suelo y en la canaleta de salida del agua residual.

3.1.2. Activación de los microorganismos eficientes

Los resultados sobre el control de pH durante los 7 días para la activación de los Microorganismos eficientes se expresan en la Tabla 4-3:

Tabla 4-3: Control de pH para los microorganismos eficientes (EM.1)

Días	pH
1	6.2
2	5.6
3	5.4
4	4.9
5	4.5
6	3.6
7	3.4

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

Los resultados para el control de pH en la activación de los microorganismos eficientes fueron óptimos ya que se llegó a un pH de 3,4. Según la Asociación de graduados de la EARTH-ECUADOR, el pH óptimo antes de la aplicación EM.1 en el agua debe ser de máximo 3,5 para la adaptabilidad del consorcio.

El Manual para el Uso de Microorganismos Eficientes (2009), recalca que el producto al final estará con un olor agridulce y su pH (acidez) debe ser menor a 3.8. Esto lo puede comprobar con una tira marcadora de pH o con un peachímetro. A partir de ese momento el consorcio EM ya está activado y listo para utilizar.

La Guía de la Tecnología de Microorganismos Eficientes (2010), indica que la activación del producto debe fermentarse durante dos semanas. Terminado el tiempo de fermentación tendrá la mezcla un olor agridulce y un pH 3.5 o menos, esto indica que el proceso de activación está completo.

Según Urederra (2014), para la activación de la solución madre de los microorganismos eficientes se debe tener en cuenta medir el rango de pH que no sobre pase de 3,5 y 3,7 al final de la fermentación para determinar que el fermento es válido, fuera de este valor de pH hay una posible muerte de los microorganismos del coctel y esto se puede identificarla presencia una capa de moho grisácea o verde que se crea cuando el fermento ha salido mal y su pH está por encima de 4.

La composición de los microorganismos eficiente EM.1 es la siguiente:

Tabla 5-3: Composición de los EM.1

Tipo de Microorganismo	Familia y especie	Composición Contenido Mínimo por cm ³
Bacterias Ácido lácticas	<i>Lactobacillus casei</i>	10 ⁴
Bacterias Fotosintéticas	<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	10 ³
Levaduras	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	10 ³

Fuente: EARTH-ECUADOR, 2017
Realizado por: Murillo Daniela, 2017

El contenido del producto esta detallado en la Tabla 5-3, esta muestra la combinación de bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y levaduras como microorganismos eficientes EM.1.

Cada una de estos microorganismos actúan en diferentes estados en el tratamiento del agua residual de la industria láctea, por ejemplo: las bacterias fotosintéticas transforman las sustancias que producen olores desagradables en ácidos orgánicos que no producen mal olor y que no son nocivo; las bacterias acido lácticas producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica por fermentación y no por putrefacción, y las levaduras por su parte producen sustancias que promueven el crecimiento y el desarrollo de microorganismos benéficos. (EFAITAJ, 2009: p.5)

3.1.3. Eficiencia de los microorganismos eficientes sobre el agua residual.

3.1.3.1. Comportamiento de las concentraciones en las variables

Tabla 6-3: Resultados de la aplicación de EM.1 a diferentes tratamientos a 10 días

		10 Días				LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 11
		Tratamiento				
Parámetros	Unidad	T1	T2	T3	TC	
Sólidos Suspendidos	mg/L	300	350	400	2730	220
		710	620	310	2730	
		290	500	270	2130	
Sólidos Totales	mg/L	32396	31768	33204	35436	1600
		34196	34196	33231	35436	
		33284	27012	33316	35436	
DBO ₅	mg/L	14080	20800	16760	24960	250
		20040	14000	21960	24960	
		11440	11640	19840	24960	
DQO	mg/L	37080	36360	6840	42880	500
		37920	36320	37120	42880	
		35960	34120	37480	42880	

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH, 2017

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

Tabla 7-3: Resultados de la aplicación de EM.1 a diferentes tratamientos a 30 días

		30 Días				LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 11
		Tratamiento				
Parámetros	Unidad	T1	T2	T3	TC	
Sólidos Suspendidos	mg/L	1200	1310	4120	2560	220
		3980	5120	3420	2560	
		1420	1630	1230	2560	
Sólidos Totales	mg/L	15720	15700	16160	35430	1600
		17660	16760	16112	35430	
		15248	15376	15440	35430	
DBO ₅	mg/L	11800	13040	12320	17640	250
		12280	9960	12720	17640	
		13160	12320	11240	17640	
DQO	mg/L	18000	22000	21160	37600	500
		21880	22680	19680	37600	
		20680	19040	18760	37600	

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH, 2017

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

Tabla 8-3: Resultados de la aplicación de EM.1 a diferentes tratamientos a 45 días

		45 Días				LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 11
		Tratamiento				
Parámetros	Unidad	T1	T2	T3	TC	
Sólidos Suspendidos	mg/L	1110	800	1240	2550	220
		1320	800	1150	2550	
		1820	930	1320	2550	
Sólidos Totales	mg/L	12456	12084	13540	33420	1600
		13076	10188	14408	33420	
		15340	11340	11792	33420	
DBO ₅	mg/L	1450	860	2430	15000	250
		1630	940	4810	15000	
		4430	1100	4050	15000	
DQO	mg/L	9920	1180	8950	26111	500
		10330	1340	10940	26111	
		10260	2320	7650	26111	

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH, 2017

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

Con la Tabla 6-3, 7-3, 8-3 se realizó un análisis multivalente que buscó saber si existen diferencias en la concentración de DBO₅, DQO, SS, ST por efecto de los tratamientos aplicados.

Tabla 9-3: Factores Inter-sujetos

Tratamiento	Concentración ($L_{de EM.1}$)	N
T1	0,01	3
T2	0,02	3
T3	0,04	3
Tc	0,00	3

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

En la Tabla 9-3 nos explica que hay tres tratamientos a diferentes concentraciones (0,1; 0,2; 0,4 $L_{de EM.1}/L_{agua residual}$) y un tratamiento control con tres repeticiones cada uno.

Tabla 10-3: Prueba de Efectos Inter-sujetos

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	SS a 10 días	0,167	2	0,083	0,214	0,811
	ST a 10 días	0,667	2	0,333	0,706	0,519
	DQO a 10 días	0,167	2	0,083	0,300	0,748
	DBO ₅ a 10 días	0,000	2	0,000	0,200	0,652
	SS3 a 30 días	0,667	2	0,333	0,300	0,748
	ST a 30 días	0,000	2	0,000	0,700	0,726
	DQO a 30 días	0,000	2	0,000	203,35	0,046
	DBO ₅ a 30 días	0,000	2	0,000	101,32	0,049
	SS a 45 días	0,500	4	50,20	186,78	0,072
	ST a 45 días	0,000	4	100,0	156,62	0,034
	DQO a 45 días	0,000	4	100,0	155,20	0,035
	DBO ₅ a 45 días	2,167	4	64,08	173,45	0,022

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

Donde:

gl: grados de libertad de la distribución t-Student que sigue el estadístico de contraste.

Sig (bilateral): valor que permite decidir la aceptación o no de la hipótesis nula. Es la significación muestral de la hipótesis nula, es decir, el p-valor. Si $p \geq \alpha$, se acepta la hipótesis nula. Si $p \leq \alpha$, se rechaza la hipótesis nula.

F: El estadístico F o F-test (se llama F en honor al estadístico Ronald Fisher) se obtiene al estimar la variación de las medias entre los grupos de la variable independiente y dividirla por la estimación de la variación de las medias dentro de los grupos.

Planteamiento de la hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en la concentración de DBO₅, DQO, SS y ST por efecto de los tratamientos aplicados de los microorganismos eficientes $p \geq 0,05$

Hi: Existen diferencias entre las concentraciones de DBO₅, DQO, SS y ST por efecto de los tratamientos aplicados de los microorganismos eficientes. Al menos una muestra es diferente $p < 0,05$

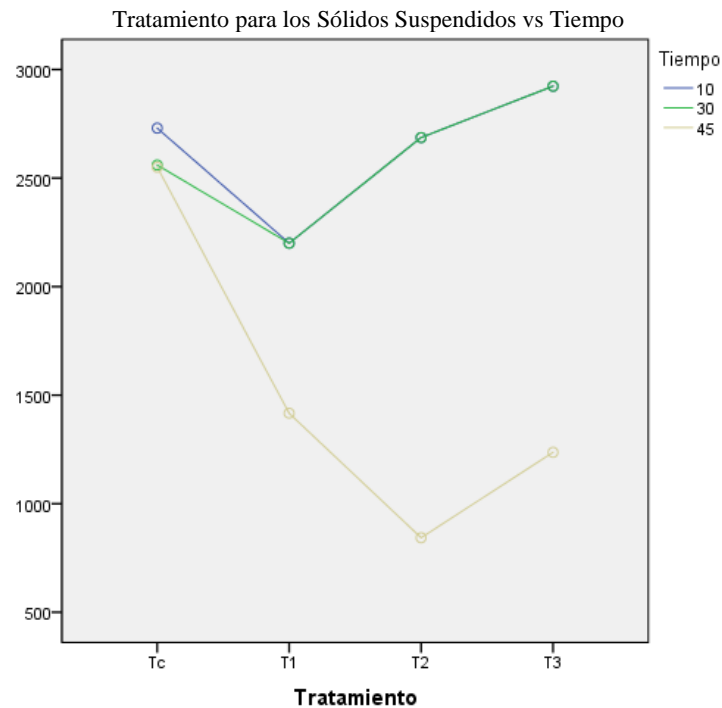
Decisión:

Estadísticamente se rechaza la hipótesis nula porque el nivel de significancia es menor a 0,05 ($p=0,05$). Se acepta la hipótesis alternativa (Hi) lo que significa que existen diferencias significativas entre las medias de las concentraciones de DBO₅, DQO, SS y ST por lo que al menos un tratamiento aplicado es diferente.

El modelo multivariado nos arroja que los tratamientos con las que se trabajó (0,01; 0,02; y 0,04) influyen directamente sobre las variables a reducir como SS, ST, DQO Y DBO₅ ya que en la tabla de pruebas de efectos inter sujetos las significancias de cada variable a las diferentes concentraciones me arrojó un valor menor a 0,05

Siendo los valores más bajos de significancia los que se encuentran en las muestras analizadas a los 45 días, por lo tanto, el tiempo es un factor que influye de forma directa al igual la concentración de microorganismos eficientes (EM.1), en la reducción de las concentraciones de las variables analizadas.

Sólidos suspendidos



Gráficos 1-3: Tratamiento para los Sólidos Suspendidos vs Tiempo

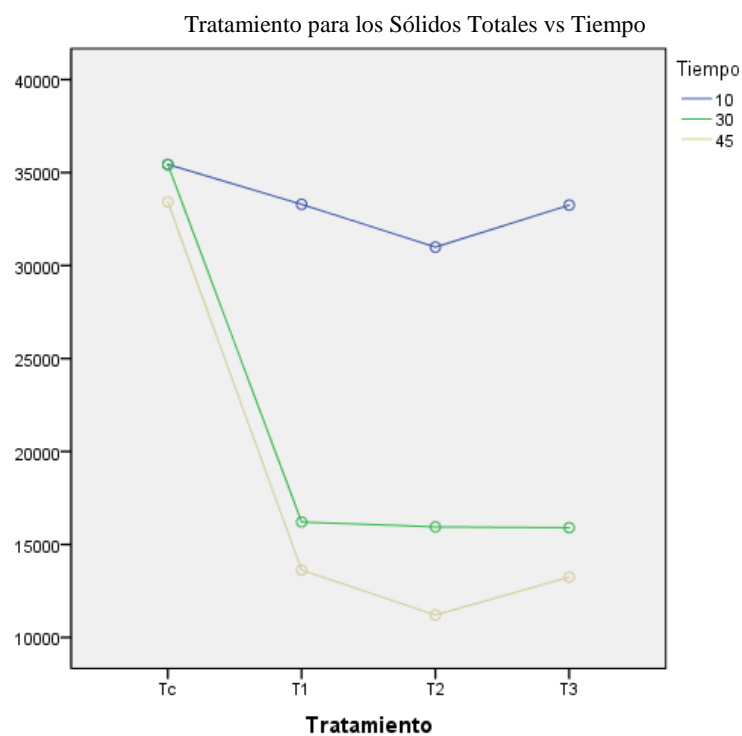
Realizado por: Murillo Daniela, 2017

En el Gráfico 1-3 se presenta el comportamiento de los sólidos suspendidos con el tiempo de experimentación y los diferentes tratamientos aplicados. El tratamiento que presentó mayor porcentaje de reducción fue el tratamiento dos, que equivale a la concentración de 0,02 litros de microorganismos eficientes y el tiempo de experimentación con mejores resultados corresponde a los 45 días.

El contenido de sólidos suspendidos no tuvo el mismo comportamiento que los otros parámetros (DQO, ST, DBO₅) pues partiendo de un valor inicial 2750 luego de las fases de tratamiento bacteriano, empezó a elevarse su valor en el agua residual, este comportamiento puede explicarse debido a la relación los sólidos en suspensión con el aumento del crecimiento microbiano, que provocan una mayor opalescencia del agua residual al ser las bacterias organismos corpúsculos.

La remoción de los sólidos en suspensión con el tratamiento dos fue del 54% esto se debe a la actividad de los microorganismos eficientes. Según García (2008) es porque hay mayor actividad de los mismos a mitad del ciclo es decir entre los 30 y 45 días. Los valores concuerdan también con Szymanski y Patterson (2003), donde sea firma que con el uso de microorganismos eficientes hubo una disminución significativa en la DBO₅ de un 82% pero no tuvo cambios suficientes en el volumen de sólidos suspendidos en el agua residual, debido a la transformación de la materia orgánica y al periodo de tiempo de la aplicación final de los EM.

Sólidos Totales



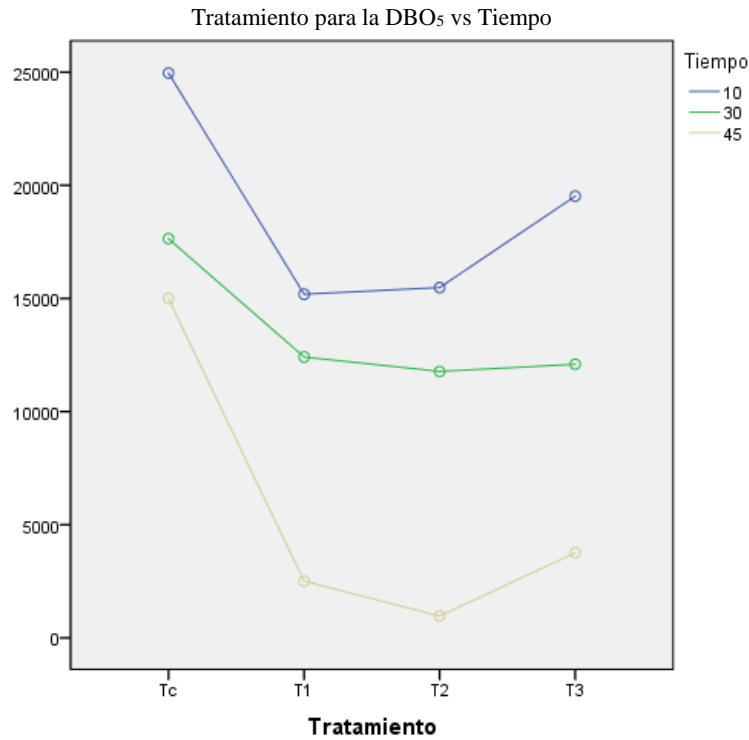
Gráficos 2-3: Tratamiento para los Sólidos Totales vs Tiempo

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

En el Gráfico 2-3 se reporta de acuerdo al análisis comparativo, la mayor reducción de sólidos totales se dio con el tratamiento dos al día 45 con el 73% de reducción. La reducción de la contaminación expresada en valores de sólidos totales tiene similitud con el trabajo realizado por Herrera. A y Corpas. I (2013) que presenta valores de reducción en este parámetro en porcentaje de 70,45% de sólidos totales aplicando el mismo tipo de microorganismos eficientes al 2%. Además, la investigación de Toc (2012) nos arroja resultados similares con un porcentaje de remoción del 78%; concuerda también con la investigación realizada por Páez (2011) que obtuvo un 70% de disminución de los ST en aguas residuales lácteas, debido a la descomposición de la

materia orgánica. La disminución de sólidos totales es un factor importante como indicador de la efectividad del tratamiento biológico aplicado en este caso los microorganismos eficientes.

Demanda Bioquímica de Oxígeno



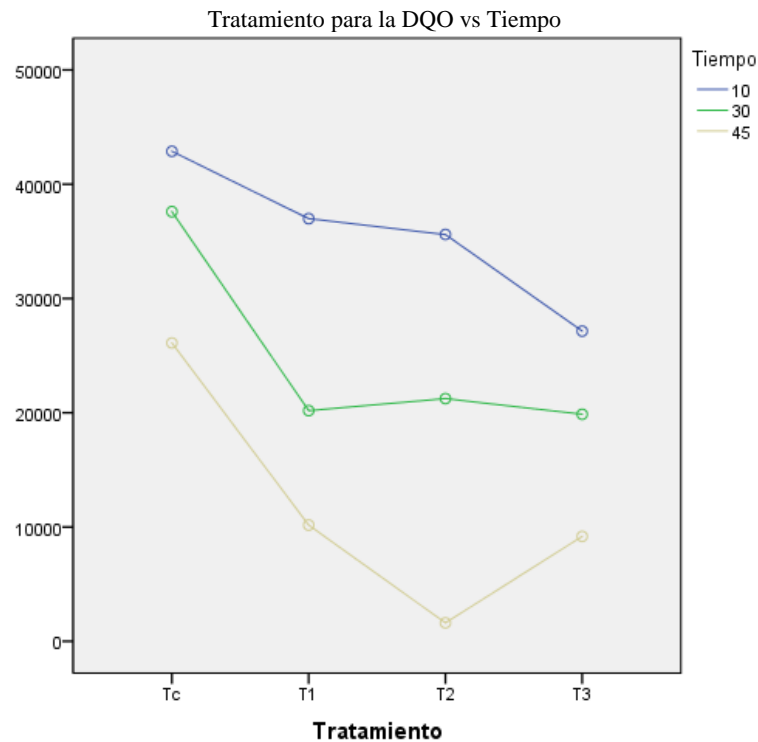
Gráficos 3-3: Tratamiento para la DBO5 vs Tiempo

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

De acuerdo al análisis comparativo, el Grafico 3-3 reporta que la mayor reducción DBO₅ se dio con el tratamiento dos, que equivale a la concentración de 0,02 litros de microorganismos eficientes al día 45 con un porcentaje de reducción de 61%, esto se debe a que los microorganismos eficientes transformaron la materia orgánica compleja en forma más simples y suprime las bacterias dañinas en el sistema reflejados en una disminución de la DBO₅ y en la reducción del olor.

La reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno tiene similitud con el trabajo realizado por Herrera. A y Corpas. I (2013) que presenta valores de reducción del 68,58 %, aplicando el mismo tipo de microorganismos eficientes al 2%. Además, la investigación de Sánchez (2009) nos arroja resultados similares con un porcentaje de remoción un 80% para la DBO₅. Concuerta con Páez (2011) que obtuvo un 50% de reducción de DBO₅ y Wisznienski (2006) reportó una reducción del 78% de DBO₅ con la aplicación de ME en aguas residuales industriales lácteas.

Demanda Química de Oxígeno



Gráficos 4-3: Tratamiento para la DQO vs Tiempo

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

Con un análisis comparativo el Gráfico 4-3 presenta un porcentaje de reducción del 78% de la Demanda Química de Oxígeno con el tratamiento dos que equivale a la concentración de 0,02 litros de microorganismos eficientes al día 45. Esto se debe a que la actividad microbiana del consorcio aplicado es útil ya que se refleja en la disminución del olor.

Este parámetro fue analizado también en el trabajo realizado por Herrera. A y Corpas. I (2013) que presenta valores de reducción en porcentaje de 71,65 % para DQO aplicando el mismo tipo de microorganismos eficientes al 2% con un tiempo de experimentación de 40 días. Además, los resultados reportados por la investigación realizada por Romero y Vargas (2017) para el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea a nivel de laboratorio, donde utiliza microorganismos eficientes para la disminución Demanda Química de oxígeno muestra una reducción de 40 %; concuerda con Páez (2011) que obtuvo un 40% de reducción sobre la DQO en aguas residuales procedente de lácteos. Ríos (2016) reportó una reducción de un 63 % sobre la DQO en aguas residuales industriales de lácteos.

En cuanto al tratamiento control se pudo observar una reducción de los parámetros mencionados debido a la posibilidad de acción de los microorganismos propios del agua residual, pero con una diferencia importante, al término de los 45 días de tratamiento surgió un olor desagradable, mostrando que la materia orgánica entro en procesos de putrefacción, dando paso a la proliferación de microorganismos patógenos. Con la aplicación de los microorganismos eficientes sucede lo contrario, se transforma la materia orgánica en componentes más simples y reduce los olores desagradables, estimula el crecimiento de la microbiota benéfica propia del agua y se refleja en la disminución de los parámetros estudiados.

A pesar de tener una reducción en los parámetros analizados aun no está bajo los niveles permisibles, según la Tabla-11, ANEXO 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, por lo que este tipo de tratamiento biológico debería ser complementado o en su defecto utilizar otro tipo de consorcio con mayor eficiencia.

3.1.3.2. Comportamiento de las variables en el periodo de estudio

Tabla 11-3: Matriz de correlaciones

		SS	ST	DQO	DBO ₅
Correlación	SS	1,000	-,164	-,023	,080
	ST	-,164	1,000	,961	,807
	DQO	-,023	,961	1,000	,875
	DBO ₅	,080	,807	,875	1,000

Realizado por: Daniela Murillo, 2018

En la matriz de correlaciones nos indica las variables que tienden a relacionarse entre sí, teniendo entre estas una correlación fuerte entre sólidos totales, DQO y DBO₅.

Según Peña et al., (2014) la correlación que existe entre la DBO₅ y DQO representan en el agua la cantidad de materia orgánica biodegradable además de la cantidad de oxígeno que requieren para su transformación. Por tanto, es necesario que estos parámetros estén relacionados para controlar y asegurará a calidad del agua y evitar la contaminación.

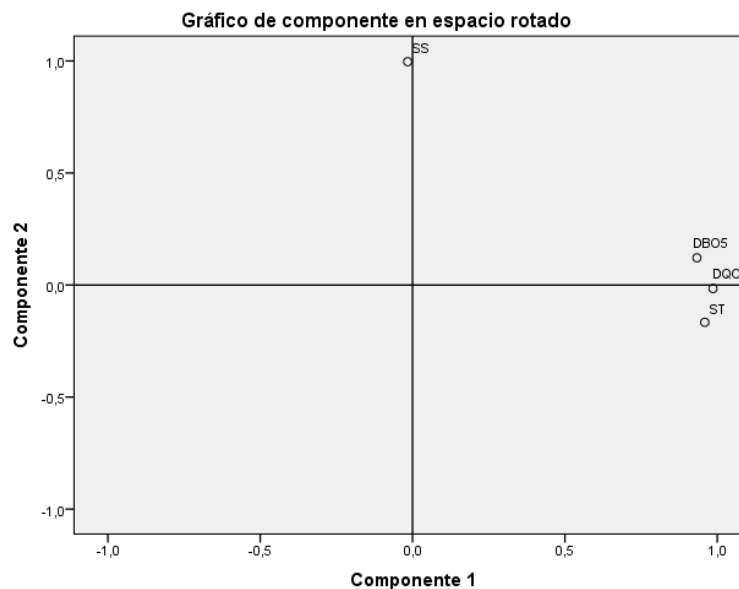
La correlación que existe para los sólidos totales con la DBO₅ y DQO indica que la materia orgánica presente en el agua residual, al ser transformada disminuye la cantidad de DBO₅ y DQO por lo tanto hay una disminución de los sólidos totales. (Ronsano, 2015)

Tabla 12-3: Comunalidades

	Inicial	Extracción
SS	1,000	0,994
ST	1,000	0,947
DQO	1,000	0,972
DBO ₅	1,000	0,886

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

La tabla 12-3 explica cuáles de los parámetros analizados son de mayor importancia para el estudio, obteniéndose valores mayores a 0.4 para cada variable, lo cual nos indica que todas las variables con las que se trabajó fueron las correctas. Esto demuestra que los parámetros elegidos para la evaluación de la eficiencia de los microorganismos eficientes en la disminución de la contaminación fueron los correctos.



Gráficos 5-3: Componentes rotados

Realizado por: Murillo Daniela, 2017

En el Gráfico 5-3 se presenta el comportamiento de las variables de estudio DBO_5 , DQO, SS, ST, a lo largo del tiempo de experimentación de acuerdo al tratamiento. Los sólidos totales, DBO_5 y DQO forman un solo grupo lo cual nos arroja que están estrechamente relacionados, según Villegas (2015) este comportamiento demuestra que mientras va bajando la concentración de DBO_5 también hay un cambio en los demás parámetros. En el segundo grupo se muestra los sólidos suspendidos, al momento donde existe mayor crecimiento microbiano, el valor de este parámetro sube, por lo que no hay una diferencia significativa con relación a los otros parámetros de estudio

CONCLUSIONES

La caracterización física química y microbiológica de las aguas residuales de la quesería artesanal de Quimiag “El Pajonal” demuestra que los valores DBO₅, DQO, Sólidos Totales y Sólidos suspendidos son elevados y fuera de los límites, según la normativa del TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 11 para ser evacuados a un cuerpo hídrico.

Se comprueba la adaptación de los microorganismos eficientes a la matriz de agua residual láctea, esta contiene la composición requerida para la proliferación de las familias microbianas que actúan disminuyendo los contaminantes presentes; en concentraciones de 0,01, 0,02, 0,04 litros de microorganismos eficientes por litro, establecidas como tratamiento uno, dos, tres con tres repeticiones cada uno y un tratamiento control durante 10, 30 y 45 días de evaluación.

Aplicando un análisis multivariante usando el paquete estadístico IBM SPSS versión 23 se encontraron diferencias significativas en las pruebas inter sujetos en las concentraciones de DBO₅, DQO y Sólidos Totales debido a que su nivel de significancia fue menor a 0,05 respecto a los tratamientos aplicados. Para los sólidos en suspensión nos mostró que no hubo significancia porque su valor fue mayor a 0,05. Además, se aplicó el análisis de componentes principales, para saber el comportamiento de los parámetros estudiados a través del tiempo de experimentación, con lo que se determinó que el tratamiento dos causó mayor disminución en la concentración de los parámetros estudiados al término de 45 días.

El tratamiento biológico utilizado es un inóculo de microorganismos eficientes en las aguas residuales de la quesería “El Pajonal” lográndose una remoción de DBO₅ de 61%, DQO 78 % y ST de 73 %, y de sólidos suspendidos en un 54%. Los niveles de remoción de los parámetros DBO₅ DQO y ST fueron similares en todos los procesos, no así, los sólidos en suspensión por el tipo de tratamiento empleado. Se demuestra que, la aplicación de este tratamiento es una alternativa viable en cuanto a la reducción de los parámetros mencionados y es amigable con el ambiente.

Con respuesta a la hipótesis planteada se pudo demostrar que el uso de microorganismos eficientes, puede ser utilizado sin ninguna dificultad para aguas residuales de queserías, ya que se

obtuvo una buena remoción de contaminantes expresada en los parámetros de DBO₅, DQO, ST y SS, sin embargo, los valores obtenidos no alcanzan los mínimos establecidos por según la normativa del TULSMA Libro VI, Anexo 1, Tabla 11.

RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación con nuevos consorcios para el tratamiento de las aguas residuales procedentes de las industrias lácteas.
- No sobrepasar los 45 días de retención del agua residual en especial si no se adiciona ningún tratamiento.
- Dosificar varias veces a la semana la concentración óptima de microorganismos eficientes, para disminuir el tiempo de retención del agua residual.

BIBLIOGRAFÍA

ALLEN, Laura. Manual de Diseño para aguas Grises. *Greywater Actiona*. Vol 2, nº2, 2015. pp. 56

ARVIND, et al., Evaluation of Effective Microorganism (EM) for treatment of domestic sewage. *Journal of Experimental Sciences*. Vol. 2, nº 7, 2011. pp. 30-32.

ARANGO, Bedoya. et al., Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistemas anaerobios tipo UASB. *Scielo*, nº96, 2000, (España) p. 25.

ARANGO, O. "Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea", 2009, (Colombia) 124(2), pp. 1900-2000.

ARNÁIZ. et al., "Tratamiento Biológico de Aguas Residuales". *Revista Tecnológica del Agua*, Vol 1, nº45, 2000, Bogotá-Colombia, p.20.

ARISMENDI. et al., La Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. [En línea]. (Reporte). RAP-AL, 2010. [Consulta: 14 de febrero de 2018.] Disponible en: http://www.rapaluruway.org/organicos/articulos/microorganismos_eficientes.html.

ATLAS, R. y BARTHA, R. *Demanda Bioquímica de Oxígeno. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental*. Madrid-España : Pearson Educacion, S.A. 2002, pp. 145.

BEHRAMPUR, et al., (2009). [Consulta: 02 de enero de 2018.] Disponible en: <http://mmaqua.in/waste-water/effective-microorganism/>

CABRERA, Jairo. *Estudio de prefactibilidad e impacto ambiental para una planta de procesamiento de lácteos en la provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas*. [En línea] (Tesis). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2011. [Consulta: 01 de marzo de 2018.] Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3978/3/CD-3755.pdf>

CALDERON, et al., *Implementación de un diseño piloto de bandejas de aireación para aguas, potencializado con microorganismos eficientes*. [En línea] (Tesis). Universidad EAN, Dirección

de Gestion del Conocimiento, Bogotá, Colombia. 2013. [Consulta: 21 de febrero de 2018.] Disponible en:<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/4020/6027>

CARDONA. et al., *Evaluacion del Efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual*. [En línea] (Tesis). (Doctorado). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Microbiología Industrial, Bogota, Colombia. 2008. [Consulta: 23 de febrero de 2018.] Disponible en:<http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>

CHAMORRO. et al., *Evaluacion de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa de fabricacion de quesos*. [En línea] (Tesis). (Titulación). Universidad San Francisco de Quito, Ciencias e Ingeniería, Quito, Ecuador. 2014. [Consulta: 11 de enero de 2018.] Disponible en:<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3851/1/112494.pdf>

CARVALHO, et al., Cheese whey wastewater. *Science of the Total Environment*. 2012. p.35

CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL PARA LA PRODUCCIÓN LIMPIA.(CAR/PL). Prevención de la contaminación en la Industria Láctea. [En línea] (Reporte). 2002. [Consulta: 11 de enero de 2017.] Disponible en:
http://www.academia.edu/33371463/Centro_de_Actividad_Regional_para_la_Producci%C3%B3n_Limpia_CAR_PL_Plan_de_Acci%C3%B3n_para_el_Mediterr%C3%A1neo

COBIÀN, Daniel. *Tratamiento Biologico Aerobio y Anarerobio de residuos ganaderos para la obtencion de biogas y compost*. [En línea] (Tesis). (Doctorado). Universidad de Leòn, Ingeniería Química. Castilla. 2009. [Consulta: 12 de febrero de 2018.] Disponible en:<https://buleria.unileon.es/xmlui/bitstream/handle/10612/1066/Tesis.pdf>

CONTRERAS, Ramón. *Biología*. [En línea] (Reporte). 2000. [Consulta: 01 de marzo de 2018.] Disponible en:<https://biologia.laguia2000.com/hongos/las-levaduras>.

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS.(CSIC). Seres Modelicos entre la naturaleza y el laboratorio. [En línea] (Reporte). *Delegación de Cataluña*. 2016. [Consulta: 22 de febrero de 2018.] Disponible en:<http://seresmodelicos.csic.es/llevat.html>.

DIRECCIÓN DE INTELIGENCIA COMERCIAL E INVERSIONES. Perfil Sectorial de Lácteos y Cárnicos. [En línea] (Reporte). 2016. [Consulta: 02 de marzo de 2018.] Disponible en:http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/proec_psi2016_lacteos.pdf.

EEAITAJ. *Manual Practico de los Microorganismos Eficientes.* Montevideo-Uruguay. 2009.

EM. Microorganismos Eficientes [En línea] (Reporte). s.f.[Consulta: 03 de marzo de 2018.] Disponible en:<http://www.ccj.edu.uy/es/programas-especiales/em/index.html#uso1>.

EMPERADOR, Jorge. Microorganismos eficientes Medio ambiente y Biotecnología Ecológica [En línea] (Reporte). 2013. [Consulta: 10 de febrero de 2018.] Disponible en: <https://microorganismoseficientes.wordpress.com/2013/05/06/microorganismos-del-em/>.

EM PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍA S.A. (EMPROTEC). *Guia de la tecnologia de los microorganismos eficientes.* Costa Rica. 2010, pp.23

ENCICLOPEDIA DE CARACTERISTICAS. Características de Levaduras [En línea] (Informe). 2017. [Consulta: 11 de febrero de 2018.] Disponible en:<https://www.caracteristicas.co/levadura/>.

ESCUELA ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL (EOI). Los vertidos del sector lácteo. [En línea] (Informe). 2008.[Consulta: 23 de enero de 2018.] Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48159/componente48157.pdf.

DELGADILLO, O. et al., *Depuración de aguas residuales por medio de humedales residuales.* [En línea] (Tesis). (Titulación). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 2010. [Consulta: 23 de enero de 2018.] Disponible en:http://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2013/02/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificial_es.pdf

FLORES Alejandra. *Los vertidos del sector lácteo* [En línea](Tesis). (Maestría). Escuela de Organización Industrial, Cataluña, España. 2008. [Consulta: 12 de febrero de 2018.] Disponible en:http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48159/componente48157.pdf.

GONZALES, Francisco.*Sistema de Tratamientos de Aguas Residuales.*[En línea].(Reporte). INTERAPAS. 2011. [Consulta: 22 de marzo de 2018.] Disponible en:http://www.interapas.gob.mx/Cultura/folletos/sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf.

GONZÁLES, Marcelino de Jesús.Aspectos Ambientales Asociados a los procesos de la industria Láctea.*Mundo Pecuario*, 2012.

GONZALES, Martina. Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales.[En línea] (Reporte). (blog). 2010. [Consulta: 21 de marzo de 2018.] Disponible en:<https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>

HARRIS, Daniel.Analisis Quimico Cuantitativo.*Ed. Reverte*, Vol. 2, nº 1. 1994.

HERRERA, Oscary CORPAS, Eduardo.Reduccion de la Contaminacion en Aguas residual industrial lactea utilizando microorganismos beneficos.*Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*.Vol 11, nº 1, 2013.pp. 57-67.

HIGA, T.*Purification of water whith Effective Microorganisms and its Utilization Agriculture.* University of the Ryukyus, Okinawa-Japan. 1996. pp.1-5.

IBAÑEZ, Juan.Un Universo invisible bajo nuestros pies los suelos y la vida. [En línea] (Reporte). 2011. [Consulta: 21 de febrero de 2018.] Disponible en:<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/03/02/137556>.

INEN 2169.Agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestras.[En línea](Reporte). 2013. [Consulta: 12 de enero de 2018.] Disponible en:<http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%202169%20AGUA.%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20MUESTREO.%20MANEJO%20Y%20CONSERVACION%20DE%20MUESTRAS.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. (INEC). Datos estadísticos agropecuarios. [En línea] (Reporte). 2011. [Consulta: 03 de marzo de 2018.] Disponible

en:http://www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac2011/INFORME_EJECUTIVO%202011.pdf

KENGO, Y. Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with effective microorganisms. *Journal of Crop production*, Vol 3, n°1,2000, pp. 255-268.

KYAN, et al., “Kyusei nature farming and the technology of the effective microorganisms”. *Asia Pacific Natural Agriculture Network (APNAN)*, Vol 50, n°3, 1999. p. 44.

LINICH, M. *Microbial Processes and Practical Guidance for On-Site Assessment*. University of New England, Armidale, Lanfax Laboratories, Armidale.NSW, eds R.A. Patterson & M.J. Jones. 2001. pp. 253-260.

MADIGAN. et al., *Bacterias Acido Laticas Brock. Biología de los Microorganismos*. Madrid-España: Pearson Educacion S.A. , 2009. pp. 441-1123.

MEJIA, Clara. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón*. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanzas. Turrialba. CATIE. San Jerónimo-Honduras. 2005.

MOSQUERA, G y CRUJEIRA, Y. *Buenas practicas en la elaboraciòn en la queseria artesanal de Uruguay Higuiene Limpieza y Desinfecciòn* .2015Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca Republica oriental de Uruguay, oficina de Programacion y politica agropecuaria. Montevideo- Uruguay..pp. 3.

MUNICIPIO DE NUEVA HELVECIA. *Queserias Artesanales* [En línea] (Informe). Municipio de Nueva Helvecia- Colonia, Suiza.2016.[Consulta: 23 de febrero de 2018.] Disponible en: http://municipiodenuevahelvecia.com/?page_id=785.

OCHOA, Fernando. *Redes espaciales de abastecimiento de lácteos en Ecuador*.Ecuador. 2012.

ODA, et al., Acquisition of the ability for *Rhodopseudomonas palustris* to degrade chlorinated benzoic acids as the sole carbon source. *FEMS Microbiology Ecology*. 2001. p. 133-139.

PAÉZ, R. *Rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Industria Láctea Proleca Ltda.* [En Línea] (Tesis). (Titulación). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia. 2011. [Consulta: 13 de enero de 2018.] Disponible en: https://docgo.net/philosophy-of-money.html?utm_source=tesis-final-raul-paez

PARRA, Ricardo. Bacterias Acido Lacticas. *Scielo*. Vol. 8, n°12010, p. 95.

PEÑA, et al. *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región.* [En línea] (Informe). Biblioteca Virtual desarrollo sostenible y salud ambiental, Santiago, Chile. 2014. [Consulta: 22 de febrero de 2018.] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>

PICAZO, Jhon. Contaminacion en la Industria Lactea. *Revista del Instituto de Reales Academia de Andalacia*, Vol2, n°3, 1995, pp. 2-4.

PRODUCCION NACIONAL URUGUAY. (PNU). Queseros Artesanales Uruguay [En línea] (Informe). 2009. [Consulta: 14 de enero de 2018.] Disponible en: <http://www.produccionnacional.com.uy/queseros-artesanales-3/>.

PROKEY, Ramiro. Todo lo que debes Saber sobre L. casei. Propiedades y Beneficios de Tomarlo. [En línea] (Reporte). 2017. [Consulta: 13 de marzo de 2018.] Disponible en: <https://prokeydrinks.com/l-casei-propiedades-beneficios/>.

RAO, S. y MAMATHA, P. Water quality in sustainable water management. *Current Science*, Vol 87, n°7, 2004. pp.942-947.

REPOSITORIO USAN. *Levaduras.* [En línea] (Reporte). Universidad Nacional de Salta. 2007. [Consulta: 24 de enero de 2018.] Disponible en: <http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/4%20levaduras.pdf>

RIOS, Gaby. “Aplicación de microorganismos eficaces para disminuir DBO, DQO y sólidos totales en las aguas residuales de la empresa Grupo Pecuario S.A.C. [En línea] (Tesis).

(Titulación).Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, Lima, Perú. 2016. [Consulta: 23 de marzo de 2018.] Disponible en:<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/847>

RODIE,Edward.Ingenieria Sanitaria Ed. Continental S.A.Mexico , 1987.

RODRIGUEZ, et al.,Cambios morfológicos en vellosidades intestinales, en pollos de engorde alimentados a partir de los 21 días con una dieta que incluyó el 10% de microorganismos eficientes. *CITECSA*, Vol. 1, 2010, p. 52

RODRIGUEZ, Ruth.*Caracterización y tratamiento de efluentes líquidos en la Industria Láctea.*[En línea]. (Tesis). (Titulación).Instituto Nacional de Tecnología Industrial. 2010. [Consulta: 03 de febrero de 2018.] Disponible en:<https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/caracterizacion.pdf>.

RODRIGUEZ, V.et al.,*Tratamiento Anaerobio de Aguas residuales.*Universidad del Valle. Cali 2012. pp. 2.

ROMERO, Jairo.Calidad del Aguay Demanda Bioquimica de Oxigeno. *Escuela Colombiana de Ingenieria.*Bogota-Colombia , 2002. pp. 175-176.

ROMERO, Gladys.*Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa de fabricación de quesos.* [En línea] (Tesis). (Doctorado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Pichincha. 2014. [Consulta: 24 de febrero de 2018.] Disponible en:<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3851/1/112494.pdf>

ROMERO, Teresita.Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas.*Scielo*, 2017. pp. 93-98.

ROS, Antonio.El Agua Tratamientos. [En línea] (Reporte). 2011. [Consulta: 15 de enero de 2018.] Disponible en:<http://www.mailxmail.com/curso-agua-tratamientos-2-2/procesos-biologicos-aerobios-2-3>.

RONSAÑO. *Medida de la contaminación orgánica.* [En línea] (Reporte). Universidad de Salamanca. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA), Salamanca, España. 2015. [Consulta: 15 de marzo de 2018.] Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Medida_contaminacion_organica.pdf

ROMERO y VARGAS. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, Vol XXXVIII, nº 3, Sep-Dic 2017, pp. 88-100.

SAENZ, Luis. *Diseño del Sistema de Tratamiento y Reutilización del Agua Residual de la PLanta de Tratamientos Oasis.* [En línea] (Tesis). (Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Bioquímica y Farmacia, Riobamba, Ecuador. 2013. [Consulta: 18 de febrero de 2018.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3217>

SAENZ y VERGARA. *Desarrollo del proceso de tratamiento de desechos en una empresa de productos lácteos.* [En línea] (Tesis). (Titulación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2010. [Consulta: 21 de febrero de 2018.] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11941>

SÁNCHEZ. et al., *Aprovechamiento del suero lácteo de una empresa del norte antioqueño mediante microorganismos eficientes.* Quito, 2009, pp. 67-73.

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. (SCFI). [En línea] (Reporte). 2000. [Consulta: 28 de febrero de 2018.] Disponible en: <http://www.inesa.com.mx/NORMAS/NORMAS%20AGUA/NMX-AA-007-SCFI-2000.pdf>.

SECRETARIADO ALIANZA POR EL AGUA. Manual Depuración de Aguas Residuales Urbanas. *ARPIrelieve*. Madrid- España, 2012. pp. 38-37.

SEVIONOVIC, S. Risk in sustainable water resources management. In: proceedings of Rabat Symposium 'Sustainable Water Resources Under Increasing Uncertainty. *IAHS Publ.* no. 240, 1997.

SZYMANSKI, N. y PATTERSON, R. *Effective Microorganisms (EM) and Wastewater Systems in Future Directions for On-site Systems*. Held at University of New England. Lanfax Laboratories Armidale. ISBN 0-9579438-1-4 2003: pp 347-354

SPREER, Edgar. Residuos de Leche lactología Industrial. *VEB Fachbuchverlag Leipzig D.D.R*, Alemania, 1973, pp. 423.

SUÁREZ, et al. Levadura *Saccharomyces cerevisiae*. *ICIDCA*. Vol. 50, nº1, 2016 , Habana-Cuba. pp. 20-28.

TOC, Rene. *Efecto de los microorganismos eficientes (me) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano*. [En línea] (Tesis). (Doctorado). Departamento de ciencia y producción agropecuaria Zamorano. San Lorenzo, Honduras. 2012. [Consulta: 11 de enero de 2018.] Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf>

UREDERRA, Ander. Cómo activar la solución madre de EM. [En línea] (Reporte). 2014. <http://www.microbiotica.es/activar-solucion-madre-em/>.

VALLEJO, Andres. *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la quesera "el pajonal" Quimiag*. [En línea] (Tesis). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Carrera de Biotecnología Ambiental, Riobamba, Ecuador. 2013. [Consulta: 07 de marzo de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3640>

VICKIE, Leonard. Calidad del Agua. [En línea] (Reporte). 2015. [Consulta: 11 de febrero de 2018.] Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/water_quality_spanish.pdf.

VILLACIS, Fernanda. *"Evaluación higiénico-sanitaria de la quesera artesanal cod.q6, ubicada en la parroquia Químiag*. [En línea] (Tesis). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Bioquímica y Farmacia, Riobamba, Ecuador. 2017. [Consulta: 01 de febrero de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6931>

WISZNIENSKI, *Aplicación de Microorganismos benéficos en la descarga en el Riachuelo No. 5*. [En línea] (Reporte). 2006. [Consulta: 23 de marzo de 2018.] Disponible en:<http://www.avelaboca.org.ar/sitio/index.php?id=81>

ANEXOS

Anexo A. Recopilación fotográfica



Fotografía 1A. Área de producción de la quesería “El Pajonal”



Fotografía 2A. Microorganismos Eficientes (EM.1)



Fotografía 3A. Activación de los microorganismos eficientes (EM.1)



Fotografía 4A. Canaleta de salida donde se recoge el agua residual



Fotografía 5A. Muestreo del Agua residual



Fotografía 6A. Almacenamiento del Agua residual para la mezcla compuesta



Fotografía 7A. Formulación de las Unidades experimentales



Fotografía 8A. Inoculación de los Microorganismos Eficientes (EM.1) en las Unidades experimentales



Fotografía 9A. Diluciones para análisis de parámetros de DBO₅, DQO, SS, ST



Fotografía 10A. Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno DBO₅



Fotografía 11A. Análisis de los Sólidos Totales



Fotografía 12A. Análisis de la Demanda Química de Oxígeno DQO



Fotografía 13A. Análisis de Sólidos Suspensos



Fotografía 14A. Análisis de pH

