

**Bach.**

**DALILA CORALIZA ARCE HUAYAN**

**YURI JANETH DE LA CRUZ PAISIG**

EFECTO DEL REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR) SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE N Y P DEL AGUA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA LÁCTEA, CAJAMARCA, 2020.

**Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

**Facultad de Ingeniería**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**

**Asesor: Dr. Persi Vera Zelada**

**Cajamarca – Perú**

**Enero – 2021**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**

Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención Riesgos

**Bachiller:**

**Yuri Janeth De La Cruz Paisig**

**Dalila Coraliza Arce Huayan**

**Asesor: Dr. Persi Vera Zelada**

**Cajamarca – Perú**

**Enero – 2021**

EFECTO DEL REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR) SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE N Y P DEL AGUA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA LÁCTEA, CAJAMARCA, 2020.

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

COPYRIGHT © 2020 by

Todos los derechos reservados

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO

PROFESIONAL

***CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS***

***UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO***

***FACULTAD DE INGENIERÍA***

EFECTO DEL REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR) SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE N Y P DEL AGUA RESIDUAL EN LA INDUSTRIA LÁCTEA, CAJAMARCA, 2020.

Presidente: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Asesor: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# Dedicatoria

Dedico este trabajo, a mi madre Norma Elizabeth Huayan Terán ya que ella ha sido un pilar fundamental en mi vida, con su apoyo incondicional, palabras de aliento para seguir adelante y lograr mis metas, a mi hijo Líam Jhair por ser mi inspiración y mi fuerza.

Dalila Coraliza Arce Huayan.

Dedico este trabajo a mis padres Mayela y Jesús que son el pilar más importante en mi vida, ya que, con su amor, paciencia, trabajó, sacrificio, consejos y su apoyo incondicional me han permitido cumplir un sueño más, inculcando en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía,

Yuri Janeth De La Cruz Paisig.

# Agradecimientos

Agradecemos a Dios, por darnos vida, salud, sabiduría y por permitirnos tener a nuestra familia unida.

Agradecemos a la Universidad UPAGU por permitirnos formar parte de tan prestigiosa casa superior de estudios y también a todos los docentes de la facultad de “INGENIERIA” que compartieron sus conocimientos con nosotros.

Se agradece a nuestro asesor de tesis, Ing°. Dr. Persi Vera Zelada, por brindarnos su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de la ejecución de la tesis.

Agradecemos a todas las personas especiales que nos acompañaron en esta etapa con sus consejos y buenos deseos.

Coraliza y Yuri

# RESUMEN

El presente estudio de investigación evaluó el efecto del reactor biológico secuencial (SBR) sobre la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020. Es pertinente resaltar, que los parámetros indicadores de las descargas industriales son tanto materia orgánica y exceso de nutrientes; sobre todo en las industrias lácteas. Por consiguiente, se busca diversos biotratamientos para reducir los valores de dichos parámetros. Es por ello, que se evaluó el efecto del Reactor Biológico Secuencial (SBR) en la disminución de los parámetros de Nitrógeno Total y Fósforo Total. El tipo de estudio es: Longitudinal porque, se realizó más de dos mediciones a lo largo del seguimiento para la toma de muestras de Nitrógeno Total y Fósforo Total. Los muestreos se realizaron cada tres días durante tres meses consecutivos septiembre, octubre y noviembre de 2020. De tal manera que se logró disminuir las concentraciones elevadas de los parámetros de Nitrógeno Total y Fósforo Total con los siguientes promedios: 6,2; 5,9; 7,3 y 1,4; 1,3; 1,5 mg/L consecutivamente. Cumpliendo con los LMP para efluentes industriales para procesos lácteos.

**Palabras clave:** Reactor biológico secuencial, nitrógeno total y fósforo total.

# ABSTRACT

The present research study evaluated the effect of sequential biological reactor (SBR) on the concentration of N and P of wastewater in the dairy industry, Cajamarca, 2020. It should be noted that the indicator parameters of industrial discharges are both organic matter and excess nutrients; especially in the dairy industries. Consequently, various biotreatments are sought to reduce these parameters. For this reason, the effect of the Sequential Biological Reactor (SBR) was evaluated in the decrease of the parameters of Total Nitrogen and Total Phosphorus. The type of study is: Longitudinal. Given that, more than two measurements were made throughout the follow-up to take samples of Total Nitrogen and Total Phosphorus. The samplings were carried out every three days during three consecutive months September, October and November 2020. In such a way that it was possible to reduce the high concentrations of the parameters of Total Nitrogen and Total Phosphorus with the following averages: 6.2; 5.9; 7.3 and 1.4; 1.3; 1.5 mg / L consecutively. Complying with the LMP for industrial effluents for dairy processes.

**Keywords:** Sequential biological reactor, total nitrogen and total phosphorus.

# **ÍNDICE**

[Dedicatoria v](#_Toc72428881)

[Agradecimientos ii](#_Toc72428882)

[RESUMEN iii](#_Toc72428883)

[ABSTRACT iv](#_Toc72428884)

[ÍNDICE v](#_Toc72428885)

[LISTA DE TABLAS vii](#_Toc72428886)

[LISTA DE FIGURAS viii](#_Toc72428887)

[CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 9](#_Toc72428888)

[1. Planteamiento del problema 9](#_Toc72428889)

[1.2. Formulación del problema 10](#_Toc72428890)

[1.3. Objetivos 10](#_Toc72428891)

[1.3.1. Objetivo General 10](#_Toc72428892)

[1.3.2. Objetivos específicos 10](#_Toc72428893)

[1.4. Justificación e Importancia 11](#_Toc72428894)

[CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 12](#_Toc72428895)

[2. Fundamentos Teóricos de la investigación 12](#_Toc72428896)

[2.1. Antecedentes Teóricos 17](#_Toc72428897)

[2.2. Marco teórico 21](#_Toc72428898)

[2.3. Marco Conceptual 25](#_Toc72428899)

[2.4. Hipótesis 26](#_Toc72428900)

[CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 27](#_Toc72428901)

[3. Metodología 27](#_Toc72428902)

[3.1. Tipo de investigación 27](#_Toc72428903)

[3.2. Diseño de investigación 27](#_Toc72428904)

[3.3. Unidad de Análisis 28](#_Toc72428905)

[3.4. Universo: 28](#_Toc72428906)

[3.5. Muestra: 28](#_Toc72428907)

[3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 28](#_Toc72428908)

[3.6.1. Instrumentos 29](#_Toc72428909)

[3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos 29](#_Toc72428910)

[CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 31](#_Toc72428911)

[4. Presentación, análisis e interpretación de resultados 31](#_Toc72428912)

[4.1. Discusión 39](#_Toc72428913)

[4.2. Proceso de prueba de hipótesis 42](#_Toc72428914)

[CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45](#_Toc72428915)

[5. Conclusiones y Recomendaciones 45](#_Toc72428916)

[5.1. Conclusiones 45](#_Toc72428917)

[5.2. Recomendaciones 47](#_Toc72428918)

[6. REFERENCIAS 48](#_Toc72428919)

[ANEXOS 51](#_Toc72428920)

# LISTA DE TABLAS

[Tabla 1. Resultados del pre-tratamiento de Nitrógeno Total en comparación con LMP para descargas industriales 31](#_Toc61813076)

[Tabla 2. Resultado final de Nitrógeno Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales. 33](#_Toc61813077)

[Tabla 3. Resultados del pre-tratamiento de Fósforo Total en comparación con LMP para descargas industriales 35](#_Toc61813078)

[Tabla 4. Resultado final de Fósforo Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales. 37](#_Toc61813079)

[Tabla 5. Fósforo Total – LMP descarga industrial para procesos lácteos 42](#_Toc61813080)

[Tabla 6. Nitrógeno Total - LMP descarga industrial para procesos lácteos 42](#_Toc61813081)

[Tabla 7. Prueba T para el grado de significancia de los parámetros Fósforo Total y Nitrógeno Total 43](#_Toc61813082)

# LISTA DE FIGURAS

[Figura 1. Resultados del pre-tratamiento de Nitrógeno Total en comparación con LMP para descargas industriales 32](#_Toc61813095)

[Figura 2. Resultado final de Nitrógeno Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales. 34](#_Toc61813096)

[Figura 3. Resultados del pre-tratamiento de Fósforo Total en comparación con LMP para descargas industriales 36](#_Toc61813097)

[Figura 4. Resultado final de Fósforo Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales. 38](#_Toc61813098)

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

# Planteamiento del problema

* 1. **Descripción de la realidad problemática**

El rápido crecimiento industrial que ha tenido el país en los últimos años ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, tanto, del aire, agua y suelo. La Región Cajamarca, se caracteriza por ser una de las regiones sobresalientes en el sector agropecuario y lechero. Del cual, se vienen formando desde microempresas a grande empresa en la industria láctea, siendo un aporte para la economía, sin embargo; trayendo consigo la generación de residuos lácteos, lo cuales son vertidos industriales con gran potencial de deteriorar la calidad de agua de un cuerpo natural.

Por lo que el interés en eliminar contaminantes de las aguas residuales se ha incrementado en los últimos años. Existe una constante búsqueda de nuevos y mejores diseños que permitan la implementación de sistemas de tratamiento confiables, de bajo costo y que ofrezcan mejores resultados. La investigación en el área de la ingeniería y las ciencias ambientales ha permitido el desarrollo de la tecnología de reactores biológicos secuenciales (SBR, por sus siglas en inglés), como una variación del proceso de lodos activados convencional para la eliminación de materia orgánica y de nutrientes de las aguas residuales. El presente estudio de investigación evaluará la eficiencia de este tipo de sistemas, teniendo en cuenta las generalidades del tratamiento en la industria láctea.

## Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del Reactor Biológico Secuencial (SBR) sobre la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020?

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar el efecto de Reactor Biológico Secuencial (SBR) sobre la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.

### Objetivos específicos

Determinar la concentración de N y P de las muestras obtenidas del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.

Realizar el tratamiento del Reactor Biológico Secuencial (SBR) y sistematizar los datos para evidenciar su efecto en el agua residual de la industria láctea, Cajamarca, 2020.

Comparar los valores obtenidos de N y P con la guía sobre el medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos.

## Justificación e Importancia

Lo parámetros con exceso de nutrientes que se presentan en el agua residual de descargas industriales son: Nitrógeno total y fósforo total. La presencia de estos compuestos es esencial para el crecimiento de las plantas y de otros organismos, por lo que se denominan nutrientes. Sin embargo, al exceder la concentración de estos, se vuelven un foco de contaminación, Este proceso da origen a la eutrofización, aumento de la población de algas, un incremento de la productividad en todos los niveles de la cadena alimentaria y un empeoramiento progresivo de las características fisicoquímicas del agua.

La finalidad del presente estudio de investigación es evaluar el efecto de Reactor Biológico Secuencial (SBR) sobre la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020. Con el fin de lograr las concentraciones adecuadas de estos parámetros indicadores de nutrientes en el agua, al ser comparados con la normativa que aplica a la calidad del agua y control de descargas industriales. De tal manera, que al ser vertidos de forma directa no generen un impacto negativo en el agua natural.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

# Fundamentos Teóricos de la investigación

**Impacto ambiental y el sistema productivo de las industrias lácteas.**

Las industrias lácteas se caracterizan por altos niveles de producción, ofrecen productos como leche, queso, requesón, nata, helados, suero y lactosa. La industria láctea como medida paliativa a su contaminación establece como medida paliativa el tratamiento aeróbico de aguas residuales biológicas, además numerosos centros de producción han realizado grandes inversiones en sistemas de cienos activos, biotorres, reactores químicos secuenciales por cargas y tratamiento en paquetes que ayudan a reducir las aguas residuales generadas en los procesos productivos (Denicia & Castillo, 2009).

Como consecuencia de los principales procesos de la industria láctea se producen residuos contaminantes y aguas residuales. Estas tienden a volverse acidas muy rápidamente a causa de la fermentación del azúcar de la leche que genera ácido láctico. Al crearse grandes cantidades de residuos contaminantes se ocasiona el vertido de efluentes líquidos que contienen un alto nivel de carga orgánica, los efluentes provienen del lavado de la maquinaría utilizada en los distintos procesos de producción, por ello los principales contaminantes son los productores de derivados lácteos como el queso y la mantequilla (Condorchem, 2018).

**Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea**

El propósito del tratamiento de las aguas residuales es remover los contaminantes que perjudican el ambiente acuático y, en general, a los seres vivos, antes de que lleguen a los suelos, ríos, lagos y posteriormente a los mares. El tratamiento es una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos que se clasifican en: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y terciario. El pretratamiento consiste en separar sólidos gruesos que pueden provocar taponamiento; el tratamiento primario separa las partículas en suspensión que no son retenidas por el pretratamiento; en el tratamiento secundario o biológico se utilizan microorganismos que eliminan materia orgánica disuelta; por último, en el tratamiento terciario se adicionan compuestos químicos para su desinfección (Denicia & Castillo, 2009).

Las aguas residuales pueden contener agentes contaminantes como: grasas, aceites, metales pesados, residuos de materia fecal, también generan cantidades significativas de residuos líquidos mayormente la leche diluida, los cuales no son reutilizados y son desechados. De acuerdo con (Engler, 2003) "Las proteínas y la lactosa se transforman en contaminantes cuando el líquido es arrojado al medioambiente sin ningún tipo de tratamiento, porque la carga de materia orgánica que contiene permite la reproducción de microorganismos". Los vertidos accidentales de sustancias contaminantes pueden ocasionar molestias y peligros para la salud pública, ya que es un impacto negativo de tipo directo y manejable a partir de la ejecución de inspecciones en forma rutinaria, limpieza, y cumplimiento de normas higiénico sanitarias (Gónzales, 2016).

**Déficit de alcalinidad en aguas residuales industriales**

La alcalinidad del agua residual está relacionada con su poder tampón y viene dada principalmente por la presencia de iones hidroxilo, carbonatos y bicarbonatos; y ayuda a confrontar las variaciones de pH que pueden tener lugar cuando un influente está acidificado o cuando la propia reacción biológica produce acidificación. Como norma general, la cantidad típica de alcalinidad requerida en un agua residual para mantener el pH aproximadamente en 7 (pH neutro) es de 70–80 mg CaCO3/L (Méndez, Sánchez, & Muyo, s/f).

**Tratamientos biológicos para tratamiento agua residuales industriales**

Los tratamientos biológicos de las aguas residuales de descargas industriales se basan en la capacidad de un surtido conjunto de microorganismos que son capaces de degradar la materia orgánica presente en el agua residual para su propio crecimiento. Para el crecimiento de los microorganismos es necesario que, aparte de materia orgánica, el agua contenga nutrientes, básicamente nitrógeno y fósforo. Posteriormente, la separación de estos microorganismos del agua es sencilla y económica, por lo que los microorganismos son los encargados de eliminar la materia orgánica presente en el agua, tanto la particulada como la soluble. a eliminación de la materia orgánica biodegradable, así como el nitrógeno y el fósforo, mediante tratamientos biológicos es la forma más económica y sencilla de tratar los efluentes. Es por esta razón que es el tratamiento más aplicado no sólo para el tratamiento de las aguas residuales urbanas, sino también para las industriales (Envitech, s/f)

**Generalidades de la tecnología SBR**

Los SBR se conocen hace aproximadamente 100 años. Un reactor discontinuo secuencial (SBR) se puede definir como un sistema de lodos activados, cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de llenado y vaciado. Los procesos unitarios que intervienen son similares a los de un proceso convencional de lodos activados.

Puesto que, ambos sistemas intervienen la mezcla, reacción y sedimentación, pero entre ambos existe una diferencia importante, ya que, en las plantas convencionales, los procesos se llevan a cabo simultáneamente en tanques separados, mientras que en un sistema SBR los procesos tienen lugar en el mismo tanque (Paredes & Ramos, 2014).

En contraste con el sistema continuo, el agua se introduce al reactor en un tiempo establecido previamente, la degradación de la materia orgánica y la sedimentación se realizan en el mismo tanque. Las etapas del proceso son secuenciales y se repiten periódicamente, además de que se emplea aireación (proceso aerobio) o no (proceso anaerobio), para conseguir la degradación de la materia orgánica y la eliminación de nitrógeno y de fósforo (Paredes & Ramos, 2014).

**Operación de SBR**

Los reactores SBR fundamentan su funcionamiento en un sistema de llenado y vaciado. Todos los procesos se llevan a cabo en un solo reactor y siguen una secuencia de llenado, reacción, sedimentación y vaciado (Paredes & Ramos, 2014).

**Etapa de llenado:**

Esta etapa puede ser estática, mezclada o aireada, dependiendo de los objetivos que se tengan previstos para el tratamiento del agua residual. En el llenado estático resulta una entrada mínima de energía y una concentración alta de sustrato al final de la misma. Puede presentarse desnitrificación con la presencia de nitratos y generar condiciones propicias para la remoción del fósforo (Paredes & Ramos, 2014).

**Etapa de sedimentación:**

La obtención del lodo es otro paso importante en la operación de este tipo de reactores, que afecta en gran medida el rendimiento. Su objetivo es la regulación de la concentración de sólidos en el lodo en el reactor. El tiempo de asentamiento puede durar entre 0.5 y 1.5 h, y previene que el manto de sólidos flote debido a la acumulación de gas (Paredes & Ramos, 2014).

**Etapa de vaciado**:

El exceso de lodo activado residual también se remueve, empleando un tiempo que puede variar desde un 5 a un 30 % del tiempo total.

**Eliminación simultanea de nitrógeno y fósforo**

En un sistema SBR, los procesos convencionales anaerobio - aerobio que incorporan una zona anóxica para desnitrificación han sido aplicados para la eliminación de N y P en plantas de tratamiento de aguas residuales a gran escala, y han mostrado un aumento de la relación de fosfato anóxico absorbido a fosfato aeróbico consumido del 11 al 64 %, por lo tanto, es posible lograr la nitrificación, desnitrificación y eliminación de fósforo en un solo reactor usando la tecnología SBR. El nitrógeno puede ser eliminado como gas nitrógeno (N2) por el accionar combinado de autótrofos en la nitrificación bajo condiciones aerobias y de heterótrofos en la desnitrificación bajo condiciones anaerobias, mientras el fósforo sólo puede ser eliminado por su absorción en la biomasa que puede ser descargada desde el sistema como un lodo excedente (Paredes & Ramos, 2014).

## Antecedentes Teóricos

Ferrer, S. (2018) Mediante su estudio de investigacion sobre la eficiencia de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos. Basicamente el agua residual la planta procesadora está constituida por materia orgánica y altos contenidos de nitrógeno y fósforo. Es por ello, que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de un reactor biológico secuencial en la remoción de materia orgánica y nutrientes, tratando efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos ubicada en el estado Zulia, Venezuela.

El reactor fue operado con tres tiempos de ciclo operacional (7, 10 y 12 h), un tiempo de retención celular de 25 días y una secuencia anóxica-anaeróbica/aeróbica/anóxica (Ax-An/Ae/Ax). Los parámetros evaluados fueron: demanda química de oxígeno total, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, pH, alcalinidad total, fósforo total, color y turbidez. Los tratamientos aplicados a dicho efluente en el reactor biológico secuencial (SBR) permitieron obtener remociones de materia orgánica y nutrientes superiores al 92.6 % para la DQOT, 44.7 % para el NT y 52.6 % para el PT, debido a la flexibilidad del reactor para adaptarse a distintas condiciones de operación. Generando que el efluente cumpla con lo establecido en la normativa venezolana para descarga en cuerpos de agua (Ferrer, 2018).

Paredes, J. & Ramos, M. (2014) Realizaron su estudio de investigación sobre los reactores discontinuos secuenciales: una tecnología versátil en el tratamiento de aguas residuales con el interés en eliminar contaminantes de las aguas residuales. Esta tarea ha sido realmente un reto, debido a la generación de múltiples tipos de vertimientos líquidos, con diferentes características y composición y, en particular, al cumplimiento de estrictas y diferentes regulaciones que en los distintos países se establecen en materia de control ambiental. La tecnología SBR es importante en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y ha adquirido gran importancia en los últimos años debido a la facilidad de operación y a la posibilidad de remover en una sola unidad materia orgánica y nutrientes.

Durant, A. & Medina, E. (2012) El presente trabajo de investigación consistió en diseñar y aplicar un Reactor Biológico Secuencial (SBR), el cual tiene como etapas de proceso, el llenado, agitación por aireación, sedimentación de lodos y vaciado de agua tratada. Se analizaron los siguientes parámetros: grasa, proteína, densidad, lactosa, sólidos totales, punto de congelación, pH y temperatura.

Para la depuración de las aguas se empleó lodo microbiológico tomado de la poza de desagüe de la planta, el cual tuvo un proceso de activación en un proceso de 7 días, del cual se realizaron identificaciones microbiológicas. Dentro del tratamiento se determinó dos temperaturas a trabajar: temperatura ambiente o 25°C y 37°C; las cuales son luego comparadas a fin de evaluar sus eficiencias. Para la determinación de los parámetros se trabajó con el D.S. N° 002 -2008 –MINAM. Se obtuvo una eficiencia del 51%, a temperatura ambiente de 25°C. En la construcción de la estructura de costos de capital, utilitarios y manufactura para el SBR, se determinó la relación directamente proporcional en los parámetros (Durant & Medina, 2012).

Bedoya, O. & Sousa, L. (2009) Realizaron un tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistemas anaerobios tipo UASB. Debido a sus ventajas respecto a los procesos aerobios en términos de mayor grado de estabilización de las aguas residuales, bajo crecimiento de biomasa y requerimientos nutricionales, producción de metano y no requerimiento de oxígeno, la digestión anaerobia es una alternativa viable para el tratamiento de las aguas residuales de la industria láctea. El reactor UASB fue operado con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 13 días y velocidades de carga orgánica entre 1.7 a 18.5 g de DQO/L.d. Los máximos niveles de reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y de sólidos totales volátiles (STV) alcanzados fueron 98% y 97.2% respectivamente, con una velocidad de carga orgánica en el reactor de 9.6 g DQO/L.d, observándose una reducción en la eficiencia de remoción de la DQO hasta niveles de 77% cuando la carga orgánica se llevó a 18.6 g DQO/L.d.

La producción máxima de gas metano generado a partir del suero de queso estudiado fue de 0.27 L CH4 /g DQO afluente, con un contenido de metano en el biogás de 56%. Con base en los resultados se puede concluir que es recomendable el uso de reactores UASB para el tratamiento anaerobio de sueros de quesería, obteniéndose un efluente de buena calidad para su descarga final (Bedoya & Sousa, 2009).

Araujo, I. (2006) Realiza su investigación sobre la remoción de nutrientes mediante un reactor discontinuo secuencial, con el objetivo de disminuir la elevada concentración de nutrientes en efluentes no tratados, ya que, pueden tener efectos negativos en las aguas receptoras de lagos, ríos y embalses donde son vertidos, estimulando el crecimiento de algas y plantas. Para estudiar la remoción biológica de nutrientes del agua residual doméstica se utilizó un reactor discontinuo secuencial (RDS o SBR, por sus siglas en inglés) a escala piloto, con un volumen de 2000 litros. Los ciclos de operación consistieron en una secuencia de etapas de llenado, mezclas anaeróbicas, aeróbica y anóxica, sedimentación y vaciado, con variación del tiempo de las etapas de las mezclas.

Los parámetros medidos fueron BQO, DBO, nitrógeno total Kjeldahl (NTK), nitrito (N-NO2-), nitrato (N-NO3-), nitrógeno amoniacal (N-NH3), pH, temperatura, fósforo total (PT), sólidos suspendidos totales (SST) y volátiles (SSV), en las diferentes etapas de cada ciclo de evaluación. El ciclo con mejor rendimiento fue el que constaba de 1h de mezcla anaeróbica, 6h de mezcla aeróbica y 16h de mezcla anóxica, alcanzando valores de remoción promedios de 85% para la DQO, 92% para la DBO, 52% para el NT, 65% para el N-NO3- y 67% para el PT, demostrándose así la aplicabilidad de los SBR en la remoción de materia orgánica y nutrientes del agua residual doméstica (Araujo, 2006).

## Marco teórico

**Aguas Residuales Lácteas**

Los procesos de producción de quesos, yogurt y mantequilla, son los procesos más significativos de la Industria Láctea que producen residuos contaminantes. Estas aguas están compuestas por suspensiones coloidales de proteínas (caseína, albuminas y globulinas), sales minerales y también incluye sustancias orgánicas disueltas como la lactosa (Saavedra, 2017).

**Tratamientos de aguas residuales**

El tratamiento de las aguas residuales consiste en operaciones físicas, biológicas y químicas, con lo que se busca eliminar gran cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, para que así los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites establecido y puedan ser asimilados por las fuentes receptoras (Saavedra, 2017).

**Clasificación del Agua Residual Láctea**

Debido a los distintos procesos llevados en las industrias lácteas se puede clasificar al efluente generado de la siguiente manera:

* **Agua de proceso:** Es el agua que interviene en el proceso de fabricación y que entra en contacto con el producto a transformar.
* **Agua de Limpieza de equipos e instalaciones:** Indispensable para la industria de alimentos para garantizar la higiene general requerida.

**Caracterización de agua residual láctea.**

La caracterización del agua residual proveniente de industrias lácteas es compleja debido a los procesos que cada una realiza, sin embargo, varios estudios coinciden en un aumento considerable en diversos parámetros como aceites y grasas, demanda biológica de oxigeno (DBO5), demanda química de oxigeno (DQO), solidas suspendidos, totales y disueltos, entre otros.

Todo ello depende de la cantidad de leche y suero que se introduzca en el efluente final provocando una mayor carga orgánica contaminante. Las aguas residuales de las industrias de tratamiento de leche presentan las siguientes características generales: Marcado carácter orgánico (elevada DBO5 y DQO) ya que la leche tiene una DBO5 de 100 000 mg/L. Alta biodegradabilidad. Presencia de aceites y grasas. Altas concentraciones de nutrientes (fosforo y nitratos). Presencia de sólidos en suspensión, principalmente en la elaboración de quesos. Ocasionalmente pueden tener pH extremo, debido a las operaciones de limpieza (Rojas,. *et al*, 2016).

**Aguas residuales de procesos industriales**

Dada la presencia de sólidos de la leche las aguas residuales procedentes de las instalaciones de procesamiento de productos lácteos pueden registrar un contenido orgánico y una demanda biológica (DBO) y química (DQO) de oxígeno considerables. Asimismo, la existencia de grandes cargas orgánicas, la salazón durante la producción de queso afecta la salinidad, ácidos, cloro, peróxido de hidrógeno y amonio cuaternario entre otros.

Los vertidos líquidos son el aspecto que presenta mayor incidencia medioambiental debido al alto volumen de aguas residuales generado (consumos de agua de 2 a 5 veces el volumen de leche tratada) y a su marcado carácter orgánico. El volumen de los efluentes y su contenido en materia contaminante son variables, según la naturaleza de la fabricación, las técnicas de trabajo y de cómo se realicen las operaciones de limpieza. Los productos lácteos pueden contener azúcar, sal, colorantes, estabilizantes, etc., todos estos componentes aparecen en las aguas residuales en mayor o menor cantidad (Freire, 2015).

**Contaminación en la producción de leche**

La leche es un excelente medio de cultivo para numerosos microorganismos por su elevado contenido de agua, pH casi neutro y su riqueza en alimentos para los microorganismos. Posee una gran cantidad de elementos energéticos en forma de azúcar (lactosa), grasa y citrato, además de compuestos nitrogenados.

También, se emplea gran cantidad de agua en la limpieza de las instalaciones, además de detergentes, ácido nítrico y sosa. La mayoría de los componentes de los efluentes de esta industria los constituyen: grasa de la leche, proteínas, lactosa y ácido lácteo, así como también sodio, potasio y calcio. El problema medioambiental más importante de la industria es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica). En cuanto al volumen de aguas residuales generado por una empresa láctea se pueden encontrar valores que oscilan entre 2 y 6 L leche procesada (Freire, 2015).

## Marco Conceptual

**Nitrógeno Total**

Los nutrientes primarios nitrógeno y fósforo son constituyentes de los fertilizantes, detergentes y de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales (Torres & Oliva, 2013).

Una concentración alta de Nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente, y por consiguiente de gran peligro potencial. Todo el Nitrógeno presente en compuestos orgánicos puede considerarse Nitrógeno orgánico. El contenido de Nitrógeno orgánico en un agua incluye el Nitrógeno de aminoácidos, aminas, polipéptidos, proteínas y otros compuestos orgánicos del Nitrógeno (Rodríguez C. , 2007).

**Fósforo Total**

El fósforo (P) es un elemento esencial para la vida, por lo cual entender los mecanismos que permiten su disponibilidad en el suelo es prioritario. Debido a la complejidad de la dinámica de este nutriente, aún existen varios procesos que no están claramente entendidos, principalmente en los ecosistemas oligotróficos (Torres & Oliva, 2013).

“Es el nutriente que debe ser suministrado casi en su totalidad, debido a que presenta un bajo retorno atmosférico” (Torres & Oliva, 2013).

**Reactor Biológico Secuencial**

Los reactores biológicos secuenciales (SBR) son reactores discontinuos en los que el agua residual se mezcla con un lodo biológico en un medio aireado. El proceso combina en un mismo tanque reacción, aeración y clarificación. El empleo de un único tanque reduce sustancialmente la inversión necesaria. Otras ventajas de los SBR son la facilidad para el control de la operación, la buena flexibilidad ante fluctuaciones de caudal y concentración de las aguas residuales, y los buenos resultados obtenidos en el tratamiento de compuestos refractarios a los sistemas biológicos convencionales (Remtavares, 2006).

## Hipótesis

* **H1:** El Reactor Biológico Secuencial (SBR) reduce la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.
* **H0:** El Reactor Biológico Secuencial (SBR) no reduce la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.

# CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

# Metodología

## Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo Analítica y de Interpretación, debido a que se determinó los valores de los parámetros de Nitrógeno Total y Fosforo Total del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020. Con el objetivo de evaluar la eficiencia del SBR- Reactor Biológico Secuencial en la remoción de los parámetros, antes mencionados. Los muestreos fueron durante los meses de septiembre, octubre y finalizando en noviembre de 2020.

## Diseño de investigación

El presente estudio de investigación de acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado, el estudio es: Longitudinal. Ya que, implica más de dos mediciones a lo largo de un seguimiento; deben ser más de dos oportunidades (Rodríguez, 2004). Además, este tipo de estudio se realizará en varias ocasiones, involucrando la o las variables, señala (León, 2010). Implicando el seguimiento de la toma de muestras de N y P.

## Unidad de Análisis

Concentración de nitrógeno total y fósforo total en agua residual de la industria láctea.

## Universo:

Agua residual de la industria láctea, Cajamarca

## Muestra:

Volúmenes de residual de la industria láctea para cada uno de los parámetros indicados.

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnicas:** La observación y registro de datos.

**Instrumentos:** Guías estandarizadas para descargas industriales y fichas de registros de datos.

Las actividades que nos permitan realizar lo antes indicado, son las siguientes:

* Medidas de las concentraciones de nitrógeno total
* Medidas de las concentraciones de fósforo total
* Análisis estadístico de los datos obtenidos

Las principales técnicas que se utilizará en la investigación son:

* Analizar los datos, por medio de bases de datos (mensual)
* Evaluar el efecto del Reactor Biológico Secuencial (SBR)
* Comparar con la guía ambiental para descargas industriales

En el presente estudio de investigación se evaluó el efecto de Reactor Biológico Secuencial (SBR) sobre la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020. Los valores de estos parámetros indicadores de nutrientes (N y P) se realizó en tres meses consecutivos: Septiembre, octubre, noviembre de 2020. Puesto que, se realizó cada tres días, el recojo de bases de datos.

### Instrumentos

* Reactor Biológico Secuencial (SBR)

**Materiales de construcción de Reactor Biológico Secuencial (SBR)**

* Acrílico
* Mangueras de ½ pulgada
* Tuberías de PVC de ½ pulgada
* Válvulas
* Armazón de fierro liso
* Sistema de aireación

## Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Luego de recoger los datos para la investigación se desarrolló de forma manual, para luego ser calculados, analizados y comparados con la guía ambiental para descargas industriales. Y el análisis estadístico de la presente investigación se desarrollará mediante el software estadístico SPSS, con la prueba de t – Student.

# CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

# Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los parámetros analizados en esta investigación son: Fósforo Total y Nitrógeno Total. Se realizó mediante la toma de muestras durante los meses septiembre, octubre y noviembre.

Realizando la toma de muestras mensualmente cada tres días. En las siguientes tablas y gráficos se muestran los valores de los parámetros de Fósforo Total y Nitrógeno Total. Los resultados fueron comparados con la Guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para el procesamiento de productos lácteos – IFC (descargas industriales).

Tabla 1. Resultados del pre-tratamiento de Nitrógeno Total en comparación con LMP para descargas industriales

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MUESTREO | NITRÓGENO TOTAL | | | | | | | | | | | | |
| **N1** | **N2** | **N3** | **N4** | **N5** | **N6** | **N7** | **N8** | **N9** | **N10** | **N11** | **N12** | **N13** |
| SEPTIEMBRE | 30 | 35 | 32 | 25 | 24 | 30 | 32 | 38 | 38 | 29 | 35 | 44 | 36 |
| OCTUBRE | 48 | 38 | 54 | 43 | 29 | 46 | 54 | 38 | 46 | 41 | 35 | 47 | 39 |
| NOVIEMBRE | 37 | 45 | 37 | 39 | 41 | 46 | 43 | 47 | 36 | 51.2 | 49.4 | 46.7 | 49.6 |
| LMP-DES.INDS | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Nitrógeno Total, según la Tabla 1. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre. Iniciando con pre- tratamiento donde los resultados superan los Límites Máximos Permisibles de efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

Figura 1. Resultados del pre-tratamiento de Nitrógeno Total en comparación con LMP para descargas industriales

La concentración de Nitrógeno Total del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 1 y figura 1, según los datos arrojados sobrepasan con concentraciones elevadas durante los tres meses a los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

Tabla 2. Resultado final de Nitrógeno Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MUESTREO | NITRÓGENO TOTAL | | | | | | | | | | | | |
| **N1** | **N2** | **N3** | **N4** | **N5** | **N6** | **N7** | **N8** | **N9** | **N10** | **N11** | **N12** | **N13** |
| SEPTIEMBRE | 6 | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 8 | 7 |
| OCTUBRE | 7 | 5 | 8 | 6 | 4 | 6 | 8 | 5 | 6 | 6 | 4 | 7 | 5 |
| NOVIEMBRE | 8 | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 9 | 7 | 5 | 7 | 7 | 8 |
| LMP-DES.INDS | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Nitrógeno Total, según la Tabla 2. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca se realizó cada tres días, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre. Para poder aplicar el tratamiento del Reactor Biológico Secuencial (SBR) y demostrar la eficiencia en la remoción de este parámetro. Según los valores arrojados todas concentraciones del Nitrógeno Total e encuentran por debajo del LMP para descargas industriales.

Figura 2. Resultado final de Nitrógeno Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales.

La concentración de Nitrógeno Total del agua residual en la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 2 y figura 2, según los datos arrojados este parámetro logró disminuir las concentraciones durante los muestreos de los tres meses, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

Tabla 3. Resultados del pre-tratamiento de Fósforo Total en comparación con LMP para descargas industriales

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MUESTREO | FÓSFORO TOTAL | | | | | | | | | | | | |
| **P1** | **P2** | **P3** | **P4** | **P5** | **P6** | **P7** | **P8** | **P9** | **P10** | **P11** | **P12** | **P13** |
| SEPTIEMBRE | 34.2 | 35.4 | 34.8 | 43.5 | 28 | 25 | 35.7 | 31 | 35 | 28 | 31.6 | 29 | 26.8 |
| OCTUBRE | 43.9 | 33.5 | 50.7 | 33.8 | 44.2 | 33.9 | 45.1 | 46.2 | 33.7 | 41.3 | 33.6 | 35.9 | 42.8 |
| NOVIEMBRE | 59.7 | 52.7 | 46.9 | 48.5 | 50.3 | 42.6 | 49.8 | 54.6 | 42.7 | 39.3 | 54.2 | 49.3 | 53.3 |
| LMP-DES.INDS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Fósforo Total, según la Tabla 3. La toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca, según los valores arrojados, el agua residual del proceso lácteo supera drásticamente los Limite Máximos Permisibles para descargas industriales. La toma de muestras se realizó, durante tres meses consecutivos: Septiembre, octubre y noviembre. Sin embargo, los meses más significativos son octubre y noviembre.

Figura 3. Resultados del pre-tratamiento de Fósforo Total en comparación con LMP para descargas industriales

La concentración del Fósforo Total del agua residual en la industria láctea - Cajamarca se detallan en la tabla 3 y figura 3, según los datos arrojados este parámetro, sobrepasan drásticamente los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos. El mes, en el cual se incrementó la concentración de este parámetro, fue noviembre; puesto que se arrojó valores totalmente altos a diferencia de septiembre y octubre.

Tabla 4. Resultado final de Fósforo Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| MUESTREO | FÓSFORO TOTAL | | | | | | | | | | | | |
| **P1** | **P2** | **P3** | **P4** | **P5** | **P6** | **P7** | **P8** | **P9** | **P10** | **P11** | **P12** | **P13** |
| SEPTIEMBRE | 1.4 | 1.45 | 1.37 | 1.36 | 1.2 | 1.3 | 1.12 | 1.37 | 1.3 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
| OCTUBRE | 1.41 | 1.4 | 1.62 | 1.05 | 1.15 | 1.17 | 1.4 | 1.25 | 1.29 | 1.16 | 1.2 | 1.11 | 1.3 |
| NOVIEMBRE | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 1.5 | 1.2 | 1.4 | 1.2 | 1.4 |
| LMP-DES.INDS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Para facilitar la interpretación de los valores del parámetro Fósforo Total, según la Tabla 4. Sobre la toma de muestra del agua residual de la industria láctea - Cajamarca, los valores arrojados del agua residual del proceso lácteo se logró disminuir las concentraciones elevadas. Mediante el tratamiento de Reactor Biológico Secuencial (SBR)de tal manera que, al disminuir las concentraciones elevadas, se logra cumplir con los Limite Máximos Permisibles para descargas industriales. La toma de muestras se realizó, durante tres meses consecutivos: Septiembre, octubre y noviembre.

Figura 4. Resultado final de Fósforo Total después del proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial en comparación con los LMP para descargas industriales.

La concentración del Fósforo Total del agua residual en la industria láctea - Baños del Inca se detallan en la tabla 4 y figura 4, según los datos arrojados este parámetro, al para por el proceso de tratamiento del Reactor Biológico Secuencial, disminuyó significativamente las concentraciones, encontrándose dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos para efluentes industriales para el procesamiento de los productos lácteos.

## Discusión

En referencia a los parámetros analizados: Fósforo Total y Nitrógeno Total de la industria láctea – Cajamarca. Los muestreos fueron tomados cada tres días durante tres meses consecutivos: Septiembre, octubre y noviembre. Los resultados arrojados muestran concentraciones elevadas, superando drásticamente los Límites Máximos Permisibles para descargas industriales de procesos lácteos. La industria láctea que procesa leche líquida y productos con una vida útil corta, tales como yogures, cremas y quesos blandos, tienden a estar ubicadas en la periferia de los centros urbanos cercanos a los mercados de consumo.

Las plantas que elaboran elementos de vida útil más larga, como la mantequilla, la leche en polvo, queso y suero en polvo, tienden a estar situados en zonas rurales cercanas a la producción de leche. La generación de aguas residuales es el aspecto ambiental más significativo de la actividad del sector, tanto por los elevados volúmenes generados, como por la carga contaminante asociada a las mismas. La mayor parte del agua que se utiliza acaba finalmente como efluente, ya que no existe aporte de agua al producto final. Por tanto, el agua residual generada en un proceso fabril será la resultante de descontar al consumo total la que se ha perdido por evaporación. En general, entre el 80-95% del agua total consumida forma parte del efluente final, salvo excepciones de fabricación de leche en polvo, etc. Las principales corrientes parciales que más contribuyen en volumen y/o carga contaminante al efluente final proceden de: Limpieza de equipos, instalaciones. Rechazos de los sistemas de ultrafiltración o sistemas de osmosis en el procesado de algún derivado. Limpieza de camiones de transporte de materia prima.

Estas aguas suelen tener la particularidad de alto contenido graso y nitrógeno elevado (de ahí la necesidad de procesos de nitrificación/desnitrificación), y alto contenido en fósforo. Además de los ya conocidos problemas de alta DQO. Como en la mayoría de las empresas del sector agroalimentario, las industrias lácteas consumen diariamente grandes cantidades de agua en sus procesos y, especialmente, para mantener las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas. Dependiendo del tipo de instalación, el sistema de limpieza y utilización, la cantidad total de agua consumida en el proceso puede llegar a superar varias veces el volumen de leche tratada. Este consumo suele encontrarse entre 1,3-3,2 l de agua/kg de leche recibida, pudiéndose alcanzar valores tan elevados como 10 l de agua/kg de leche recibida. (Envitech, S.F).

Ante ello, Denicia, E. & Castillo, L. (2009) Señalan que las industrias lácteas se caracterizan por altos niveles de producción, como leche, queso, requesón, nata, helados, suero y lactosa, y por otra parte lo que queda como residuo, es una fuente potencial de contaminación del agua. Asimismo, Gónzales, A. (2016) Señala que los vertidos industriales tienen sustancias contaminantes que pueden ocasionar molestias y peligros para la salud pública, ya que es un impacto negativo de tipo directo. Es por ello que, Paredes, J. & Ramos, M. (2014) Presentan a los reactores biológicos secuenciales (SBR) se puede definir como un sistema de lodos activados, y han sido aplicados para la eliminación de N y P en plantas de tratamiento de aguas residuales a gran escala.

Ferrer, S. (2018) Mediante su estudio de investigacion sobre la eficiencia de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos. Basicamente el agua residual la planta procesadora está constituida por materia orgánica y altos contenidos de nitrógeno y fósforo. Es por ello, que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de un reactor biológico secuencial en la remoción de materia orgánica y nutrientes, tratando efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos. Los tratamientos aplicados a dicho efluente en el reactor biológico secuencial (SBR) permitieron obtener remociones de materia orgánica y nutrientes superiores al 92.6 % para la DQO, 44.7 % para el NT y 52.6 % para el PT, debido a la flexibilidad del reactor para adaptarse a distintas condiciones de operación. Generando que el efluente cumpla con lo establecido en la normativa, señaló Ferrer, S. (2018). Asimismo, Paredes, J. & Ramos, M. (2014) Señalan que la tecnología SBR es importante en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y ha adquirido gran importancia en los últimos años debido a la facilidad de operación y a la posibilidad de remover en una sola unidad materia orgánica y nutrientes.

## Proceso de prueba de hipótesis

Una vez recogido los datos útiles para la investigación, éstos fueron almacenados en las hojas de cálculo en la plataforma del software estadístico SPSS. El estudio estadístico ha consistido en el cálculo de media, desviación estándar, desviación error estándar, grado de significancia. Los resultados se analizaron estadísticamente por prueba de muestras relacionadas de *t* – Student, con un grado de significancia α=0,05. El resultado para *(t)* es menor al grado de significancia, lo cual permitió rechazar en el estudio de la hipótesis nula.

Tabla 5. Fósforo Total – LMP descarga industrial para procesos lácteos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **LMP - DESCARGA INDUSTRIAL** | | **FÓSFORO TOTAL** |
| **LMP** | Media | 1,3790 |
| N | 39 |
| Desv. Desviación | ,19329 |
| **Total** | Media | 1,3790 |
| N | 39 |
| Desv. Desviación | ,19329 |

Tabla 6. Nitrógeno Total - LMP descarga industrial para procesos lácteos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **LMP-DESCARGA INDUSTRIAL** | | **NITRÓGENO TOTAL** |
| **ECA1** | Media | 6,4615 |
| N | 39 |
| Desv. Desviación | 1,25334 |
| **Total** | Media | 6,4615 |
| N | 39 |
| Desv. Desviación | 1,25334 |

Tabla 7. Prueba T para el grado de significancia de los parámetros Fósforo Total y Nitrógeno Total

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Diferencias emparejadas** | | | | | **t** | **gl** | **Sig.** |
| **Media** | **Desv. Desviación** | **Desv. Error promedio** | **95% de intervalo de confianza de la diferencia** | |  |  |  |
| **Inferior** | **Superior** |  |  |  |
| Par 1 | LMP-DESCARGA INDUSTRIAL - FOSFORO TOTAL | ,62103 | ,19329 | ,03095 | ,55837 | ,68368 | 20,064 | 38 | ,000 |
| Par 2 | LMP1-DESCARGA INDUSTRIAL - NITROGENO TOTAL | 3,5385 | 1,2533 | ,20069 | 3,1321 | 3,9447 | 17,631 | 38 | ,000 |

* **H0:** t > 0,05 El Reactor Biológico Secuencial (SBR) no reduce la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.
* **H1:** t ≤ 0,05 El Reactor Biológico Secuencial (SBR) reduce la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.

*t* = Presenta valores superiores al grado de significancia por cada parámetro (0.00, 0.00) Por lo tanto, el Reactor Biológico Secuencial (SBR) reduce la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.

La descripción de la prueba de hipótesis de la presente investigación se desarrolló con la prueba estadística de *t* de *Student*. Después de aplicar la correspondiente prueba de hipótesis, en la significancia bilateral (*t*) se obtuvo un valor de (0.00, 0.00), valores que muestran la aceptación de la hipótesis de investigación; estos valores son menores al parámetro 0,05 al 95% de confianza. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula “El Reactor Biológico Secuencial (SBR) no reduce la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020.”

# CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# Conclusiones y Recomendaciones

## Conclusiones

Se evaluó el efecto del Reactor Biológico Secuencial (SBR) sobre la concentración de N y P del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020. Los parámetros que sobrepasaron de manera significativa fueron: Nitrógeno Total y Fosforo Total, lo que indica que los cuerpos de agua natural siempre son intervenidos por las diversas acciones antropogénicas de este tipo de procesos industriales.

Se determinó las concentraciones de N y P de las muestras obtenidas del agua residual en la industria láctea, Cajamarca, 2020. Las concentraciones elevadas superan los LMP para efluentes industriales para procesos lácteos, durante los tres meses consecutivos: Septiembre, octubre y noviembre; sin embargo, en el mes de noviembre las concentraciones para Nitrógeno Total y Fosforo Total superaron con un promedio de 43,7 y 49,5 mg/L a diferencia de lo meses de septiembre y octubre 32,9; 42,9 y 32,2; 39,9 mg/L. Estas concentraciones fueron antes del tratamiento del Reactor Biológico Secuencial.

Se realizó el tratamiento del Reactor Biológico Secuencial (SBR). Asimismo, se sistematizó los datos para evidenciar su efecto en el agua residual de la industria láctea, Cajamarca, 2020. De tal manera que se logró disminuir las concentraciones elevadas de los parámetros de Nitrógeno Total y Fosforo Total con los siguientes promedios: 6,2; 5,9; 7,3 y 1,4; 1,3; 1,5 mg/L consecutivamente. Cumpliendo con los LMP para efluentes industriales para procesos lácteos.

Se comparó los valores obtenidos de N y P con la guía establecida para los LMP para efluentes industriales para procesos lácteos. Demostrando la eficiencia del Reactor Biológico Secuencial (SBR), puesto que, los valores disminuyeron a las siguientes concentraciones: 6,2; 5,9; 7,3 y 1,4; 1,3; 1,5 mg/L para Nitrógeno Total y Fosforo Total. Cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles de 10 y 2 mg/L, valores establecidos en la guía para LMP para efluentes industriales para procesos lácteos.

## Recomendaciones

Evaluar en términos cualitativos y cuantitativos el aspecto microbiológico y materia orgánica, tras aplicar el proceso de Reactor Biológico Secuencial (SBR) en aguas residuales de las industrias lácteas

Monitoreo del efluente para próximos trabajos se recomienda considerar el monitoreo de parámetros como los sólidos suspendidos totales y DBO.

Separar los efluentes dentro de la planta de producción, principalmente el lactosuero que es uno de los componentes que dificulta el tratamiento.

En planta de producción, reducir el uso de detergentes, utilizarlos conforme a las especificaciones del fabricante o introducir un sistema de limpieza a base de vapor de agua.

En planta de tratamiento, introducción de aparatos para medir el flujo de entrada y salida de la PTAR.

Para futuras investigaciones se recomienda evaluar el DBO y DQO de las aguas residuales e investigar nuevas tecnologías de tratamiento.

# REFERENCIAS

Araujo, I. (2006). Remoción de nutrientes en un reactor discontinuo secuencial . *Dialnet*.

Ávila, D., & Silva, C. (2010). *Tratamiento de lixiviados diluido con aguas residuales en una planta piloto a escala de un sistema de lodos activados con el fin de lograr un efluente optimo.* Lima-Perú.

Bedoya, o., & Sousa, l. (2009). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA EN SISTEMAS ANAEROBIOS TIPO UASB. *Dialnet*.

Bertoni, J. C. (2020). EL dia del agua en tiempos de corona virus. *CIC - cuenca de plata*, 5.

Condori, J. P. (2016). *Determinación de la calidad de agua del rio Ilave, zona urbana del distrito de Ilave, Puno - 2016.* Puno - Perú.

Denicia, E., & Castillo, L. (2009). La industria de la leche y la contaminacion del agua. *Redalyc*, 6.

Durant, A., & Medina, E. (2012). *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LÁCTEAS PROCEDENTES DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL DEL PERÚ S.A.C. MAJES – AREQUIPA 2011 -2012”.* Arequipa - Perú.

Envitech, C. (s/f).

Escarcena, A. M. (2018). *Reducción de la demanda quimica de oxigeno en lactosuero mediante el proceso Fenton.* Puno - Perú.

Ferrer, S. (2018). Eficiencia de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos. *Revista facultad de ciencia basicas - Universidad de Zulia*.

Gónzales, A. (2016). LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE LAS INDUSTRIAS LÁCTEAS:EL CASO DE ECUADOR. *SCIelo*, 17.

León, P. P. (2010). Metodología de la Investigación II. *Diseños de investigación*.

Méndez, G., Sánchez, C., & Muyo, J. (s/f). Red de Tratamiento y reciclaje de aguas industriales mediante soluciones sostenibles fundamentadas en procesos biológicos. (TRITÓN-316RT0506). *CYTED*.

Paredes, J., & Ramos, M. (2014). REACTORES DISCONTINUOS SECUENCIALES: UNA TECNOLOGÍA VERSÁTIL EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *SciELO*, 18.

Remtavares. (1 de Diciembre de 2006). *Reactores biológicos secuenciales (SBR): una tecnología versátil para el tratamiento de aguas residuales industriales.* Obtenido de Madrid blogs: <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2006/12/01/53336>

Rivera, L., & Vasquez, H. (2016). *Determinacion de los parametros fisico, quimicos y bacteriologicos del contenido de las aguas del rio Mazan -Loreto, 2016.* Iquitos - Perú.

Rodríguez, C. (2007). NITROGENO TOTAL EN AGUA POR EL METODO SEMI-MICRO KJELDAHL - ELECTRODO DE AMONIACO. *IDEAM*.

Rodríguez, M. D. (2004). ESTUDIOS LONGITUDINALES: CONCEPTO Y PARTICULARIDADES . *SciELO*, 8.

Sedolfo, C. F. (2015). Remoción de nutrientes en aguas residuales de un matadero de reses usando un reactor biológico secuencial. *Dialnet*.

Torres, Y., & Oliva, F. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: Una revisión crítica. *SciELO*

# ANEXOS





