



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1383>

Ciencias de la educación  
Artículo de investigación

*Tratamiento biológico de aguas residuales como un proyecto de emprendimiento comunitario del Tejar Balbanera*

*Biological wastewater treatment as a community entrepreneurship project of Tejar Balbanera*

*Tratamento biológico de águas residuais como projeto de empreendedorismo comunitário de Tejar Balbanera*

Ximena Rashell Cazorla-Vinueza<sup>I</sup>  
[ximena.cazorla@epoch.edu.ec](mailto:ximena.cazorla@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

Goering Octavio Zambrano-Cárdenas<sup>II</sup>  
[goering.zambrano@epoch.edu.ec](mailto:goering.zambrano@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6975-8539>

Julio Cesar López-Ayala<sup>III</sup>  
[julio.lopez@epoch.edu.ec](mailto:julio.lopez@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8625-1091>

Iván Alfredo Ríos-García<sup>IV</sup>  
[irios@unach.edu.ec](mailto:irios@unach.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-0858-4365>

**Correspondencia:** [ximena.cazorla@epoch.edu.ec](mailto:ximena.cazorla@epoch.edu.ec)

**\*Recibido:** 20 de julio de 2021 **\*Aceptado:** 30 de julio de 2021 **\* Publicado:** 31 de agosto de 2021

- I. Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa, Ingeniera Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster en Agroindustria Mención en Calidad y Seguridad Alimentaria, Ingeniero Agroindustrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Formulación, Evaluación y Gerencia de Proyectos para el Desarrollo, Ingeniero de Mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Magíster en Gerencia Pública, Especialista Superior en Gestión Local, Especialista en Sistemas de Información Geográfica Aplicados a la Gestión Territorial y Ambiental, Doctor en el Programa de Doctorado en Ingeniería del Agua y Medioambiental, Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

Se analizaron los siguientes parámetros: analítica, documental, explicativa, de campo y aplicada. Se determinó la ubicación geográfica y los sitios puntuales para georreferenciar dentro de un mapa del cantón; mediante la técnica de observación e instrumentos de investigación como apuntes, GPS y registros fotográficos. Se consideró la altitud de la zona, así como la precipitación y la temperatura para obtener isoyetas e isotermas de la comunidad fueron obtenidos del anuario meteorológicos del INAMHI, se consideraron las estaciones más cercanas a la comunidad. La determinación de variables se calculó valores promedios anuales en cada estación tanto de precipitación y temperatura del aire. La población beneficiaria fueron 71 familias indígenas de la comunidad El Tejar Balbanera, parroquia Guamote, tomando en cuenta que la presente investigación se centró en el estudio de las aguas residuales que son generadas por las actividades diarias. Para la muestra, y la aplicación de las encuestas se determinó el número de encuestados mediante la aplicación de la fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población. La muestra de agua residual proveniente de la cocina, lavandería y quesera artesanal se empleó el método de muestreo compuesta en primer caso: agua de la descarga de los tanques de lavado de ropa y agua de la cocina, la segunda muestra es generada por la quesera una mezcla de suero de leche y agua que es utilizado en el lavado de los tanques. Las casas fueron determinadas al azar para la recolección del agua residual. Se encontró que El resultado de la muestra de Agua Residual Doméstica y de la Quesera presentan valores considerables en los sólidos sedimentables, durante los 60 min de evaluación existió 12 *ml/l* y 6 *ml/l* respectivamente.

**Palabras claves:** Tratamiento; aguas residuales; emprendimiento.

## Abstract

The following parameters were analyzed: analytical, documentary, explanatory, field and applied. The geographic location and specific sites were determined to georeference within a map of the canton; through the observation technique and research instruments such as notes, GPS and photographic records. The altitude of the area was considered, as well as the precipitation and temperature to obtain isohyets and isotherms of the community were obtained from the INAMHI

meteorological yearbook, the stations closest to the community were considered. The determination of variables was calculated annual average values in each station for both precipitation and air temperature. The beneficiary population was 71 indigenous families from the El Tejar Balbanera community, Guamote parish, taking into account that this research focused on the study of wastewater that is generated by daily activities. For the sample, and the application of the surveys, the number of respondents was determined by applying the formula to calculate the sample size when the population size is known. The sample of residual water from the kitchen, laundry and artisan cheese factory was used the sampling method composed in the first case: water from the discharge of the laundry washing tanks and water from the kitchen, the second sample is generated by the cheese factory a mixture of whey and water that is used in washing tanks. The houses were randomly determined for the collection of wastewater. It was found that the result of the sample of Domestic Waste Water and of the Quesera present considerable values in the sedimentable solids, during the 60 min of evaluation there were 12 *ml / l* and 6 *ml / l* respectively.

**Keywords:** Treatment; sewage water; entrepreneurship.

## Resumo

Foram analisados os seguintes parâmetros: analítico, documental, explicativo, de campo e aplicado. A localização geográfica e locais específicos foram determinados para georreferenciar dentro de um mapa do cantão; através da técnica de observação e instrumentos de pesquisa como notas, GPS e registros fotográficos. Foi considerada a altitude da área, bem como a precipitação e temperatura para obtenção das isoietas e isothermas da comunidade foram obtidas no anuário meteorológico do INAMHI, foram consideradas as estações mais próximas da comunidade. Para a determinação das variáveis, foram calculados valores médios anuais em cada estação, tanto para a precipitação quanto para a temperatura do ar. A população beneficiária foi de 71 famílias indígenas da comunidade El Tejar Balbanera, freguesia de Guamote, tendo em conta que esta pesquisa se centrou no estudo das águas residuais que são geradas nas actividades quotidianas. Para a amostra, e a aplicação das pesquisas, o número de respondentes foi determinado aplicando-se a fórmula para calcular o tamanho da amostra quando o tamanho da população é

conhecido. A amostra de água residual da cozinha, lavanderia e queijaria artesanal foi utilizada pelo método de amostragem composta no primeiro caso: água da descarga dos tanques de lavagem de roupas e água da cozinha, a segunda amostra é gerada pela queijaria a mistura de soro e água que se utiliza em tanques de lavagem. As casas foram determinadas aleatoriamente para a coleta de esgoto. Constatou-se que o resultado da amostra de Águas Residuais Domésticas e do Quesera apresentam valores consideráveis nos sólidos sedimentáveis, durante os 60 min de avaliação foram 12 *ml / l* e 6 *ml / l* respectivamente.

**Palavras-chave:** Tratamento; águas residuais; empreendedorismo.

## Introducción

El tratamiento biológico es una parte importante e integral de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales de municipios o industrias que tienen impurezas orgánicas solubles o una mezcla de los dos tipos de fuentes de aguas residuales. La ventaja económica obvia, tanto en términos de inversión de capital como de costos operativos, del tratamiento biológico sobre otros procesos de tratamiento como la oxidación química; la oxidación térmica, etc. ha cimentado su lugar en cualquier planta de tratamiento de aguas residuales integrada.

El tratamiento biológico mediante el proceso de lodos activados aeróbicos se viene practicando desde hace más de un siglo. Aumento de la imposición para cumplir con los estándares de descarga más estrictos o no se permite descargar el efluente tratado ha llevado a la implementación de una variedad de procesos avanzados de tratamiento biológico en los últimos años.

## Aeróbico y anaeróbico

Antes de pasar a las discusiones de varios aeróbicos biológicos procesos de tratamiento, es importante discutir brevemente los términos aeróbico y anaeróbico. Aeróbico, como sugiere el título, significa en presencia de aire (oxígeno); mientras que anaeróbico significa en ausencia de aire (oxígeno). Estos dos términos están directamente relacionados con el tipo de bacterias o microorganismos que están involucrados en la degradación de impurezas orgánicas en un agua residual dada y las condiciones de operación del biorreactor. Por lo tanto, los procesos de tratamiento aeróbico tienen lugar en presencia de aire y utilizan esos microorganismos (también

llamados aerobios), que utilizan oxígeno molecular / libre para asimilar las impurezas orgánicas, es decir, convertirlas en dióxido de carbono, agua y biomasa. Los procesos de tratamiento anaeróbico, por otro lado, tienen lugar en ausencia de aire (y por tanto de oxígeno molecular / libre) por parte de aquellos microorganismos (también llamados anaerobios) que no necesitan aire (oxígeno molecular / libre) para asimilar las impurezas orgánicas. Las imágenes en las Fig.1 y 2 representan principios simplificados de los dos procesos.

La Tabla I resume las principales diferencias en estos dos tipos de procesos. Del resumen de la Tabla 1, se puede concluir que no es un tratamiento anaeróbico o aeróbico, sino una combinación de los dos tipos de tecnologías que dan una óptima configuración para aquellas aplicaciones de tratamiento de aguas residuales donde las impurezas orgánicas se encuentran en una concentración relativamente más alta.

### **Tecnologías de tratamiento biológico aeróbico**

Existen multitud de procesos y tecnologías de tratamiento biológico aeróbico en la literatura y en la práctica; sin embargo, a los efectos de este artículo, se describen las siguientes cuatro tecnologías de tratamiento biológico. Después de la descripción de cada proceso y las correspondientes ventajas / aspectos destacados, se tabula una comparación cualitativa de estas tecnologías. Esta comparación se basa en una aplicación real de tratamiento de aguas residuales para un proyecto de refinería, donde el requisito de tratamiento estaba destinado a la descarga de efluentes tratados al mar.

#### **A. Sistema convencional de proceso de lodos activados (ASP)**

Este es el proceso de biotratamiento más común y más antiguo utilizado para tratar aguas residuales municipales e industriales. Normalmente, las aguas residuales después del tratamiento primario, es decir, la eliminación de impurezas en suspensión se trata en un proceso de lodos activados basado en un tratamiento biológico.

El sistema que comprende un tanque de aireación seguido de un clarificador secundario. El tanque de aireación es un biorreactor completamente mixto o de tapón bajo (en algunos casos) donde la concentración específica de biomasa (medido como sólidos suspendidos en alcohol mixto (MLSS) o sólidos suspendidos volátiles en alcohol mixto (MLVSS)) se mantiene a lo largo

con suficiente concentración de oxígeno disuelto (OD) (típicamente 2 mg / l) para efectuar la biodegradación de impurezas orgánicas solubles medido como demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) o demanda química de oxígeno (DQO).

El tanque de aireación está provisto de burbuja de aire difusa. Tuberías de aireación en la parte inferior para transferir el oxígeno requerido a la biomasa y también garantizar un reactor completamente mezclado. El soplador de aire tipo raíz se utiliza para suministrar aire a la tubería del difusor. En varias instalaciones más antiguas, se han utilizado aireadores mecánicos de superficie para cumplir con el requisito de aireación.

Existe una mezcla y por gravedad llega al sistema de filtrado de aguas abajo para la eliminación interna de los sólidos en suspensión. La biomasa separada es devuelta al tanque de aireación por medio de la bomba de retorno de lodos activados (RAS). El exceso de biomasa (producida durante el proceso de biodegradación) se desperdicia en la instalación de manejo y deshidratación de lodos.

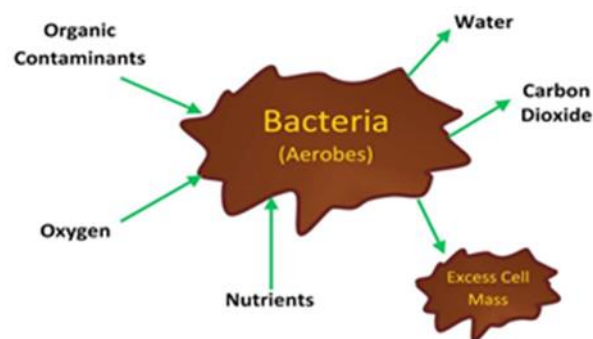
## **B. Sistema de lodo activado cíclico (CASS)**

Sistema de lodo activado cíclico (CASS) como su nombre indica, es uno de los procesos de reactores por lotes secuenciales (SBR) más populares empleados para tratar aguas residuales municipales y aguas residuales de una variedad de industrias, incluidas las refinerías y plantas petroquímicas. El sistema cíclico de lodos activados (CASS) incorpora un alto nivel de sofisticación del proceso en una configuración que es rentable y ofrece una metodología que tiene una simplicidad operativa, flexibilidad y confiabilidad que no está disponible en los sistemas de lodos activados configurados convencionalmente.

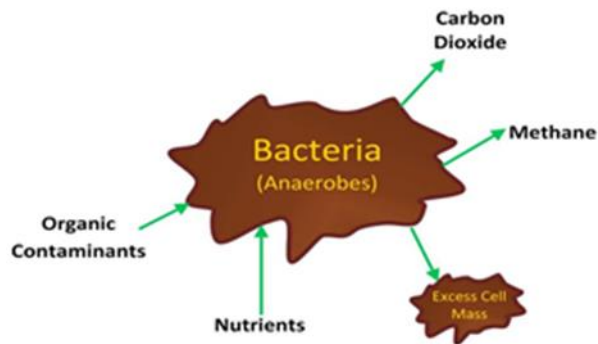
Las características esenciales del CASS. La tecnología SBR es la condición de reacción iniciales de tapón bajo y cuenca del reactor de mezcla completa. La cuenca del reactor está dividida por paredes deflectoras en tres secciones (Zona 1: Selector, Zona 2: Aireación secundaria, Zona 3: Aireación principal). La biomasa de lodos se recicla de forma intermitente desde la Zona 3 a la Zona 1 para eliminar los residuos fácilmente degradables sustrato soluble y favorecer el crecimiento de la formación de locomotoras microorganismos. El diseño del sistema es tal que la tasa de retorno del lodo provoca un ciclo diario aproximado de biomasa en la zona de aireación principal a través de la zona de selección. No se requieren equipos especiales de mezcla ni

secuencias formales de mezcla anóxica para cumplir con los objetivos de descarga de efluentes. La configuración de la cuenca y el modo de funcionamiento permite que los mecanismos combinados de eliminación de nitrógeno y fósforo se lleven a cabo mediante un simple control de aireación de "una sola vez". CASS utiliza una secuencia simple repetida basada en el tiempo que incorpora: • Llenado - Aireación (para reacciones biológicas) • Llenar - Depositar (para la separación de sólidos y líquidos) • Decante (para eliminar el efluente tratado)

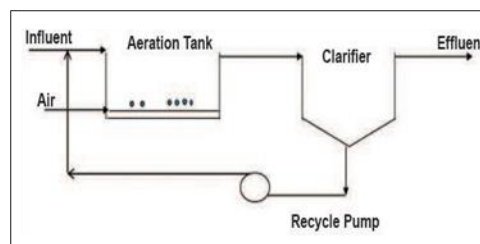
**Ilustración 1** Principio del tratamiento aeróbico



**Ilustración 2** Principio del tratamiento anaeróbico



**Ilustración 3** Sistema ASP convencional



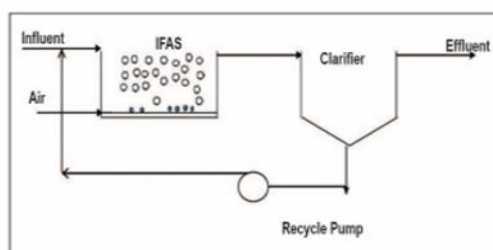
### C. Sistema integrado de lodo activado por película fija (IFAS)

Hay varias instalaciones industriales donde el tratamiento biológico en dos etapas que comprende el goteo de medios de piedra o plástico filtro (también conocido como biotorre de lecho compacto) seguido de activado tanque de aireación basado en el proceso de lodos.

Otra modificación de la configuración anterior que ha sido implementado en sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales más nuevos es un biorreactor de medio luidizado (también conocido como lecho móvil biorreactor (MBBR)) en lugar de biotorre seguido de activado proceso de lodos. En algunas de las industrias (por ejemplo, refinerías y plantas petroquímicas, donde el sistema de tratamiento de aguas residuales existente era un proceso de lodo activado convencional de una sola etapa (basado en tanque de aireación y unidad clarifier), que se sometió a expansión de capacidad y / o enfrentado regulaciones de descarga más estrictas, la mejora del proceso de lodos activados mediante la adición de Se ha implementado bio-medios luidizados para cumplir con estos requisitos. Este proceso híbrido de medios luidizados y El proceso de lodos activados que tiene lugar en un solo tanque de aireación se conoce como proceso de lodos activados de película fija integrada (IFAS). Las ventajas comunes de todo lo descrito anteriormente las configuraciones son las siguientes:

- El medio de película fija proporciona un área de superficie adicional para que la biopelícula crezca y degrade las impurezas orgánicas que son resistentes a la biodegradación o incluso pueden ser tóxicos hasta cierto punto.
- La eficiencia general del sistema de biotratamiento de dos etapas es mejor que el proceso de lodos activados solo.
- Debido al menor desperdicio de lodos, el manejo y la instalación de deshidratación es más pequeña en comparación con el proceso de lodos activados.

**Ilustración 4** Sistema activado de película fija integrado (IFAS)





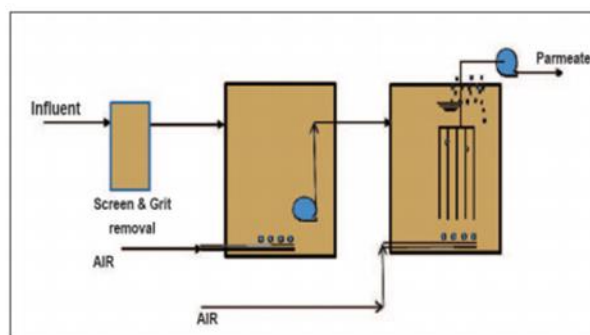
#### **D. Biorreactor de membrana (MBR)**

El biorreactor de membrana (MBR) es la última tecnología para la degradación biológica de impurezas orgánicas solubles. La tecnología MBR se ha utilizado ampliamente para el tratamiento de aguas residuales domésticas, pero para aplicaciones de tratamiento de residuos industriales, su uso ha sido algo limitado o selectivo. El proceso MBR es muy similar al proceso convencional de lodos activados, ya que ambos tienen sólidos de alcohol mezclados en suspensión en un tanque de aireación. La diferencia entre los dos procesos radica en el método de separación de biosólidos. En el proceso MBR, separa mediante una membrana polimérica basado en la unidad de microfiltración o ultrafiltración, frente al proceso de sedimentación por gravedad en el clarificador secundario en convencional proceso de lodos activados. Por lo tanto, las ventajas del sistema MBR sobre el sistema convencional de lodos activados son obvias como se enumeran a continuación:

La filtración de la membrana proporciona una barrera positiva para biosólidos suspendidos que no pueden escapar del sistema a diferencia de la sedimentación por gravedad en el proceso de lodo activado, donde los biosólidos escapan continuamente del sistema junto con un efluente clarificado y, a veces, una pérdida total de sólidos también es encontrado debido a alteraciones de lodos en el clarificador. Como resultado, la concentración de biosólidos medido como MLSS / MLVSS se puede mantener de 3 a 4 veces en un proceso MBR (~ 10,000 mg / l) en comparación al proceso de lodos activados (~ 2500 mg / l).

Debido al aspecto anterior de MBR, el tamaño del tanque de aireación en el sistema MBR puede tener de un tercio a un cuarto del tamaño del tanque de aireación en un sistema de lodos activados. Además, en lugar de clarificador basado en la sedimentación por gravedad, mucho más compacto, se necesita un tanque para albergar los casetes de membrana en caso de MBR sumergido y módulos de membrana montados sobre patines en caso de un sistema MBR externo no sumergido.

**Ilustración 5** Sistema MBR sumergido



### Comparación de las opciones de tratamiento biológico aeróbico

Una evaluación técnica detallada de varias opciones de biológicos se ha llevado a cabo los procesos de tratamiento de una determinada agua residual de una refinera y los requisitos de calidad del efluente tratado. Con base en esta evaluación, la Tabla 2 resume los pros y los contras de cada opción. Con base en estas comparaciones, se puede inferir que la tecnología CASS es superior a otras tecnologías de tratamiento biológico aeróbico en términos de costo total del ciclo de vida y retornos para el propietario.

**Tabla 1** Comparación de las opciones de tratamiento biológico aeróbico

Parámetro	Tratamiento aeróbico	Tratamiento aeróbico
Principio de proceso	Las reacciones microbianas tienen lugar en presencia de oxígeno molecular / libre Los productos de las reacciones son el dióxido de carbono, el agua y el exceso de biomasa.	Las reacciones microbianas tienen lugar en ausencia de oxígeno molecular / libre Los productos de reacción son dióxido de carbono, metano y exceso de biomasa
Aplicaciones	Aguas residuales con impurezas orgánicas bajas a medias (DQO <1000 ppm) y para aguas residuales que son difíciles de biodegradar p. ej. aguas residuales municipales, aguas residuales de reinerías etc.	Aguas residuales con contenido orgánico medio a alto impurezas (DQO > 1000 ppm) y aguas residuales fácilmente biodegradables, por ejemplo, aguas residuales de alimentos y bebidas ricas en almidón / azúcar / alcohol
Reacción cinética	Relativamente rápido	Relativamente lento

Tratamiento biológico de aguas residuales como un proyecto de emprendimiento comunitario del Tejar Balbanera

Rendimiento neto de lodos	Relativamente alto	Relativamente bajo (generalmente entre una décima parte y una décima parte de los procesos de tratamiento aeróbico)
Postoperatorio	Típicamente descarga o filtración directa / desinfección	Invariablemente seguido de tratamiento aeróbico
Huella	Relativamente grande	Relativamente pequeño y compacto
Inversión de capital	Relativamente alto	Relativamente bajo con amortización
Tecnologías de ejemplo	Lodos activados, por ejemplo, aireación extendida, zanja de oxidación, MBR, pro-procesos, por ejemplo, filtro percolador / Biotower, BAF, MBBR o procesos híbridos, por ejemplo, IFAS	Reactor / digestor de tanque con agitación continua, manta de lodo aeróbico ascendente (UASB), reactores de lecho fluidizado de velocidad ultra alta, por ejemplo, EGSBTM, ICTM, etc.

**Tabla 2** Comparación de las opciones de tratamiento biológico aeróbico

Parámetro	ASP convencional	CASS	COMO SI	MBR
Efluente tratado Calidad	Cumple con las especificaciones normas de descarga con ultra-adicional paso de acción	Cumple / excede lo normas de descarga especificado sin ultra-paso de acción	Cumple / supera el paso de normas de descarga con filtración adicional especificado	Supera los estándares de descarga especificados sin un paso de filtración adicional. Muy bueno para reciclar proporcionó permisos de nivel de TDS
Capacidad de ajustarse a hidráulica variable y contaminante cargando	Promedio	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Pretratamiento Requisito	Impurezas en suspensión, por ejemplo, eliminación de aceite y grasa y TSS	Impurezas en suspensión, por ejemplo, eliminación de aceite y grasa y TSS	Impurezas en suspensión, por ejemplo, eliminación de aceite y grasa y TSS	Cribado fino para impurezas en suspensión como cabello y eliminación casi completa de aceite y grasa
Habilidad para afrontar con entrada de aceite	Promedio	Bien	Promedio	Deficiente y perjudicial para la membrana

Claridad secundaria ier requisito	Necesario	Actos de la cuenca de aireación como clariier	Necesario	Clariier es reemplazado por filtración de membrana
Complejidad para operar y controlar	Simple, pero no amigable para el operador	Amigable para el operador	Amigable para el operador	Requiere operadores calificados
Fiabilidad & Probidad de Tecnología	Promedio	Muy bueno	Muy bueno	Referencias limitadas en aplicaciones industriales
Costo capital	Bajo	Bajo	Elevado	Muy alto
Costo operacional	Bajo	Bajo	Elevado	Muy alto
Requerimiento de espacio	Elevado	Bajo	Promedio	Bajo

## Metodología

Para la presente investigación se analizaron los siguientes parámetros: analítica, documental, explicativa, de campo y aplicada. -Área de estudio

Para ello fue importante recorrer la zona, para determinar la ubicación geográfica y los sitios puntuales, obtener las coordenadas de latitud y longitud y lograr una localización exacta de la comunidad en Google Earth, se guardò en el formato según las coordenadas UTM, para georreferenciar dentro de un mapa del cantón; mediante la técnica de observación e instrumentos de investigación como apuntes, GPS y registros fotográficos.

En la comunidad "El Tejar", cantón Guamote, provincia de Chimborazo, región sierra centro del Ecuador. Sus límites al norte: Parroquia Columbe, sur: Parroquia Guamote, este: Parroquia Cebadas, oeste: Parroquia Palmira.

Se consideró la altitud de la zona 3.500 msnm, así como la precipitación y la temperatura para obtener isoyetas e isothermas de la comunidad fueron obtenidos del anuario meteorológicos del INAMHI, se consideraron las estaciones más cercanas a la comunidad, en este caso son M1209 - Totorillas, M0133 Guaslan, M0395 - Cebadas, M0407 – Licto.

La determinación de variables se calculó valores promedios anuales en cada estación tanto de precipitación y temperatura del aire.

La temperatura anual tiene un promedio 12.5 °C

## **Población y muestra**

- Población

La población beneficiaria fueron 71 familias indígenas de la comunidad El Tejar Balbanera, parroquia Guamote, tomando en cuenta que la presente investigación se centró en el estudio de las aguas residuales que son generadas por las actividades diarias.

- Muestra

Para la ejecución de las encuestas se determinó el número de encuestados mediante la aplicación de la fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población.

- Variables

Variable independiente: Caracterización de la calidad del agua residual mediante los indicadores como: aceites y grasas, potencial de hidrógeno, conductividad, turbidez, DBO, DQO, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos disueltos totales, temperatura, nitrógeno total, fósforo total. Utilizando la técnica de recolección de muestras para su respectiva caracterización y análisis fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales.

Variable dependiente: Diseño de la planta de tratamiento biológico para aguas residuales usando como indicadores el caudal, proyección poblacional y el dimensionamiento de la planta de tratamiento con criterios de diseño, pruebas de tratabilidad y control de los parámetros del agua.

## **Procedimientos**

- Caracterización del agua

Para obtener la muestra de agua residual proveniente de la cocina, lavandería y quesera artesanal se empleó el método de muestreo compuesta en primer caso: agua de la descarga de los tanques de lavado de ropa y agua de la cocina, la segunda muestra es generada por la quesera una mezcla de suero de leche y agua que es utilizado en el lavado de los tanques.

Este procedimiento consistió en tomar muestras simples proporcionales al caudal instantáneo de la descarga, muestreando durante 7 días de la semana, de sábado a viernes durante un mes, al finalizar cada día se obtuvo 2 litros de muestra de cada vivienda, considerando los puntos de salida del agua en las viviendas. Un total de 21 muestras de la comunidad para obtener un valor promedio.

Las casas fueron determinadas al azar para la recolección del agua residual.

La determinación de los parámetros físicos químicos y biológicos de las aguas residuales de la comunidad "El Tejar" se describe a continuación con la técnica y equipos utilizados.

Los parámetros que se realizaron in-situ son el pH y el oxígeno disuelto.

**Tabla 3.** Técnicas metodológicas de ensayo y parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio

PARÁMETROS	UNIDADES	NORMA	MÉTODO
Aceites y grasas	(mg/l)	EPA 418,1	Gravimétrico
Detergentes	(mg/l)	STANDAR 5540 – C mod METHODS	Fotométrico
Potencial de Hidrógeno pH	(7-14)	STANDAR 4500 – H b-METHODS	Potenciométrico
Conductividad	(ms/cm)	STANDAR 2510- B- METHODS	Potenciométrico
Turbidez	(*NTU)	STANDAR 2130 – B METHODS	Nefelométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	(mgO <sub>2</sub> /l)	STANDAR 5210 – B METHODS	Respirométrico
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	(mg/l)	STANDAR 5220 – D mod METHODS	Fotométrico Reflujo Cerrado
Oxígeno disuelto	(mg/l)	-----	Potenciométrico
Sólidos Sedimentables	(mg/l)	STANDAR 2540 – F METHODS	Volumétrico

Sólidos suspendidos	(mg/l)	STANDAR 2540 – DMETHODS	Gravimétrico
Sólidos disueltos totales	(mg/l)	STANDAR 2540 – AMETHODS	Gravimétrico
Temperatura	<sup>a</sup> C	-----	Potenciométrico
Nitratos	(mg/l)	STANDAR 4500 – P – E mod METHODS	Fotométrico
Fósforo total	(mg/l)	STANDAR 4500 – N – E mod METHODS	Fotométrico

### **Dimensionamiento del sistema de tratamiento para agua residual**

Para el diseño de la planta de tratamiento de agua residual se consideró parámetros de diseño y fórmulas tomadas de (METCALF & EDDY, 1996) Ingeniería de aguas residuales, (Lozano Rivas, 2012) Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, sus cálculos y operaciones se encuentran detallados en el anexo I.

### **Resultados y discusión**

La planta de tratamiento biológico de agua residual se realizó en un terreno que pertenece a la comunidad El Tejar. Las condiciones para seleccionar el espacio físico adecuado es que el área sea de 756,02 m<sup>2</sup> y contar con una pendiente para el Wetland del 2%.

La población beneficiaria fueron 71 familias indígenas de la comunidad El Tejar Balbanera, perteneciente a la parroquia La Matriz, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, que se encuentran registradas en el Municipio de Cantón Guamote.

Se realizaron a 41 personas las encuestas dato que se obtiene aplicando la fórmula para muestras poblacionales.

En el desarrollo de las encuestas se obtuvieron los siguientes resultados:

Se obtuvo una media de 4 integrantes por cada familia; obteniendo así una población de 284 habitantes actualmente en la comunidad.

El 57% son de género masculino, el 43% femenino.

De las 41 personas encuestadas, el 36% se dedica principalmente a la agricultura y ganadería, 22 % de la población son estudiantes entre primaria y secundaria , 15 % trabajan en construcción , seguido de un 13 % que se dedican a las actividades en el hogar y trabajos fuera de la comunidad ,1 % en actividades como: periodismo , salud y elaboración de quesos.

En lo que corresponde a servicios básicos la comunidad está dotada de agua entubada, electricidad, caminos de acceso; carece de alcantarillado, transporte público y telefonía fija. Existe una tienda comunal, escuela y telefonía móvil, no disponen de unidades de salud, colegio en la comunidad y CIBVS.

Según el criterio y consideración de los habitantes el mes que mayor precipitación tiene es Febrero seguido del mes de Marzo.

En las viviendas en la comunidad los 32 jefes de hogar respondieron que poseen un tanque de concreto para lavar su ropa, 5 familias lavan la ropa en el río y 4 familias sobre una piedra. La gran mayoría lo realiza 2 veces a la semana.

Del total de personas encuestadas, el 41% de las familias según su percepción ocupan 150 litros/día (valor que está dentro de la norma para población rural en climas fríos), el 24 % deduce que son 100 litros/día, el 20 % considera que son 200 litros/día y el 15 % señala que son 50 litros /día; dicho valor puede ser referente al número de integrantes en la familia.

### **Caracterización de las aguas residuales**

Los resultados obtenidos en la caracterización de las aguas residuales expresados en la siguiente tabla: Dentro de la investigación el tratamiento de aguas residuales domesticas son procedentes de la cocina y lavandería.

En la comunidad existe la presencia de dos queseras artesanales la producción de cada una es alrededor de 25 quesos diarios, dejando agua residual 120 - 150 litros diarios, cuya carga contaminante presenta 31967 *mg/l*.

Donde se propone que dichas empresas deberían tratar su agua o reutilizarla , sin embargo se propone que la descarga a la recolección de agua residual se elimine durante 24 horas en forma progresiva, si consideramos su caudal actual un tanque con una capacidad de 220 litros con una tapa que simule un sistema anaerobio y una llave para eliminar 104 *ml/min*, de esta manera la carga se reducira a 1000 ppm aproximadamente.



El resultado de la muestra de Agua Residual Doméstica y de la Quesera presentan valores considerables en los sólidos sedimentables, durante los 60 min de evaluación existió 12 *ml/l* y 6 *ml/l* respectivamente, es necesario un pretratamiento en este caso un desbaste o conocido como cribado mediante rejillas finas debido a la cantidad de partículas en suspensión. El sedimentador también participa dentro del pretratamiento y tiene por objeto separar del agua cruda partículas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm para reducir la presencia de aceites y grasas, detergentes y la turbidez del agua residual.

Un sistema Wetland es una imitación del funcionamiento de un humedal natural conformado por grava, arena (una estructura que consta de piedra estratificada) en el que en un extremo ingresan las aguas al pasar por los tanques antes mencionados, además se utilizara especies como la Totorá y Jacinto de agua por su facilidad para obtener, esto ayudará de forma práctica en la elaboración de abono orgánico para el suelo y el comercio en una forma directa a los artesanos. Con la aplicación se logrará una remoción directa de: DQO, DBO5, color, turbidez, sólidos suspendidos totales, nitrógeno, fósforo y sólidos sedimentables; y con una remoción indirecta de aceites y grasas que los resultados dieron un valor elevado. La eficiencia de este sistema es un 90% de remoción DBO5, nitrógeno, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, DQO, color y turbidez.

## Conclusiones

El índice de biodegradabilidad de la relación  $DBO5/DQO = 0,7$ ; indica un tratamiento biológico, se optó por el sistema Wetland Subsuperficial, para reducir la carga orgánica de las aguas residuales domésticas, el sistema diseñado permitirá en corto plazo mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.

De los resultados de la caracterización del agua se determinó los parámetros que están fuera del límite máximo permisible para el uso de riego estipulados en la Tabla 3 del Acuerdo Ministerial 097 A, son aceites y grasas 160 mg/l, DBO5 689 mg/l, DQO 1008 mg /l, con el tratamiento biológico el agua queda en condiciones para reutilizarla para el riego y aportará al desarrollo agrícola de la comunidad.

En el proceso de sensibilización con los habitantes de la comunidad El Tejar Balbanera han manifestado que es una necesidad erradicar la contaminación ambiental y mejorar la calidad de

vida, su sustento de vida está basado en actividades como ganadería y agricultura principalmente, el comercio de sus productos agrícolas en la comunidad, por lo que requieren agua para el riego en buenas condiciones, la futura implementación del planta será un apoyo para las familias de la comunidad.

La Planta de Tratamiento está conformada por: un canal de entrada, como pretratamiento desbaste o cribado mediante unas rejillas finas, seguido de un sedimentador y finalmente el sistema Wetland. El sistema fue dimensionado con una proyección para 15 años y con un caudal de diseño de 0,691 l/s.

El 63 % de los encuestados para el riego en sus cultivos lo realizan a través de aspersión y gravedad, el 37 % lo realiza únicamente por gravedad.

Dentro de la investigación al referirnos al conocimiento de la comunidad en el tema de aguas residuales la gran mayoría de la comunidad está conscientes del daño que producen al ambiente

Los sistemas de depuración natural conocido como Wetland brindan la oportunidad de aprovechar los beneficios ligados a una gestión sostenible de los recursos hídricos y optimización del consumo, una consecuencia positiva para la zona, tomando en consideración que el agua tratada se reutilizara y servirá en gran parte al desarrollo agrícola de la zona, además ayudara en el cuidado y protección del ambiente descargando las aguas de una manera correcta con los limites adecuados. La finalidad de combinar dos tipos de especies como la totora y el Jacinto de agua es validar el porcentaje de remoción y calidad del agua de riego, para definir un modelo de planta de tratamiento y replicar en las zonas aledañas.

## Referencias

1. Alvarado, A. R., & Camacho, C. K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México., 14(1), 78-97.
2. Arango , O., & Sánchez, L. (2009). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LACTEA . Pasto - Colombia : Vol 7 No. 2 Julio - Diciembre 2009.
3. Arriola, E. (2015). 2. Características Aguas Residuales.pdf. Recuperado 9 de junio de 2018, a partir de <https://es.scribd.com/document/271698604/2-CharacterísticasAguas->

- Residuales-pdf Buitrón, R. (2010). Derecho Humano al agua en el Ecuador. Quito-Ecuador: 1era. Edición Ediciones Abya-Yala.
4. Candia, J. (2018). Wetlands Artificiales Conama. Recuperado 8 de junio de 2018, a partir de <https://es.scribd.com/document/353289712/Wetlands-Artificiales-Conama>
  5. CEPIS. (2005). Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida. Lima: Manual I.
  6. Condorchem Envitech. (19 de Septiembre de 2015). Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. Obtenido de Ingeniería Ambiental: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industrialactea/>
  7. Chafloque, W. A. L., & Gómez, E. G. (2012). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 9(17), 85-96.
  8. FAO. (2013). Reutilización del agua en la agricultura: Beneficio para todos. Roma: Edición Técnica en Español : División de Tierras y Aguas .
  9. FAO. (2015). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA (Especial). Ecuador.
  10. FUNDACION\_CARITAS. (2017). PROYECTO TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES. RIOBAMBA.
  11. GAD GUAMOTE, P. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de Guamote. Palmira.
  12. García , J., & Corzo, A. (2008). Depuración con Humedales construidos . Barcelona : Editorial Paraninfo, Madrid, 429 pp.
  13. González, C. (2011). Monitoreo de la calidad de agua. Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas.
  14. IDEAM. (2007). TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES. COLOMBIA : Versión 3 - Código: TI0187.
  15. Lozano Rivas, W. A. (2012). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Bogotá-Colombia : pag . 49
  16. Llanos, D. (2013). Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de productos lácteos "Pillaro" ubicada en el cantón Pillaro-Tungurahua. Recuperado a partir de <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2636/1/236T0068.pdf>

17. Martínez & Niño, E. (2013). ESTUDIO DE LAS AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EN TRES NIVELES SOCIOECONÓMICOS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ, 177.
18. Melgarejo, J. (2009). Efecto ambientales y económicos de reutilización del Agua en España. Universidad de Alicante : Asociación de Economía de Castilla-La Mancha.
19. Mendoza, M. M. (2008). Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano; aplicación y determinación de medidas en la subcuenca del río Copán. Obtenido de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5323/Metodologia\\_para\\_el\\_analisis\\_de\\_vulnerabilidad.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5323/Metodologia_para_el_analisis_de_vulnerabilidad.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
20. METCALF, & EDDY. (1996). INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. España: Volumen 2. Tercera edición.
21. Olivos, O. (2010). Características de las aguas residuales. Lima - Perú : Universidad Alas Peruanas .
22. Parra, R. (2009). LACTOSUERO: IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS, (62), 16.
23. Pech, O. M. S., & Ocaña, G. L. (2014). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES. Kuxulkab', 19(36). Recuperado a partir de <http://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/337>
24. Pickers, S. (04 de 11 de 2015). Tamaño de una muestra. Obtenido de psyma:<http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-eltamano-de-una-muestra>
25. PNUD. (2018). OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE .Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Obtenido de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-developmentgoals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
26. Pucci, B. (2008). CONSTRUCTED WETLANDS DEPURACIÓN NATURAL DE LAS AGUAS. Innovación para el Desarrollo y la Cooperación Sur-Sur, 1(1), 12.
27. Sanchez, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales en una industria láctea . Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias , Volumen 7 ; Número 2 .

28. STANDARD METHODS. (2005). Métodos normalizados para el análisis de agua residual APHA,AWWA,WPCF. Edición 22 .
29. Tirado, D., Gallo, L., & Acevedo, D. (2016). Biotratamientos de aguas residuales en la industria láctea. Producción más Limpia, 11(1), 171-184.
30. Torres & Briceño (2016) . TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO DOMÉSTICO A PARTIR DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE, 78

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).