

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales de los biodigestores instalados en Cabracancha, Chota, 2022

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

AUTOR

Tania Yulissa Mego Torres

ASESOR

M.Sc. Azucena Chávez Collantes

COASESOR

Ing. Jhon Antoni Sánchez Rojas

CHOTA – PERÚ
FEBRERO, 2023

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Jhon Antoni Sánchez Rojas".

Acta de Sustentación

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 006-2023/EPIFA - FCA/UNACH

Siendo las 09:00 horas, del día 10 de febrero de 2023, en video conferencia del aplicativo Meet Google, los miembros del Jurado de Tesis titulada: **"Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendido totales de los biodigestores instalados en Cabracancha, Chota- 2022"**, integrado por:


1. Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza Presidente
2. Mg. Walter Cubas Irigoín Secretario
3. Dra. Doris Elena Delgado Tapia Vocal

Sustentada por la Bachiller Tania Yulissa Mego Torres, con la finalidad de obtener el Título Profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental, asesorado por la M.Sc. Azucena Chávez Collantes y Coasesorada por el Ing. Jhon Antoni Sánchez Rojas.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: **17 (Diecisiete)** se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en: Chota, 10 de febrero del 2023


.....
Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza
Presidente


.....
Dra. Doris Elena Delgado Tapia
Vocal


.....
Ing. Jhon Antoni Sánchez Rojas
Coasesor


.....
Mg. Walter Cubas Irigoín
Secretario


.....
M.Sc. Azucena Chávez Collantes
Asesor

Dedicatoria

A mis queridos padres, padrinos, familiares y amigos que siempre me brindan su apoyo incondicional para cumplir con mis metas propuestas.

Bach. Tania Yulissa Mego Torres.

Agradecimiento

A Dios y a mis padres por darme la vida y la fortaleza para seguir adelante cumpliendo todas mis metas, a mi asesora la M.Sc. Azucena Chávez Collantes y mi coasesor el Ing. Jhon Antoni Sánchez Rojas por la orientación, los conocimientos y las enseñanzas brindadas para el desarrollo de esta investigación y a mis amigas por el apoyo incondicional que siempre me brindan.

Bach. Tania Yulissa Mego Torres.

Índice de contenido

Acta de Sustentación.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimiento.....	4
Índice de contenido.....	5
Índice de tablas.....	9
Índice de figuras.....	11
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Capítulo I Introducción.....	17
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Formulación del problema.....	19
1.3. Justificación.....	19
1.4. Objetivos.....	20
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	20
Capítulo II Marco teórico.....	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3. Antecedentes regionales.....	23
2.2. Bases teóricas - científicas.....	24
2.2.1. Saneamiento.....	24

2.2.2.	Sistemas sin arrastre hidráulico	24
2.2.3.	Sistemas con arrastre hidráulico	27
2.2.4.	Aguas residuales.....	29
2.2.5.	Tipos de aguas residuales	30
2.2.6.	Características principales de las aguas residuales	31
2.2.7.	Tipos de tratamiento de aguas residuales	33
2.2.8.	Unidades Básicas de Saneamiento.....	36
2.2.9.	Biodigestores	37
2.2.10.	Funcionamiento del biodigestor	39
2.2.11.	Extracción de lodos	40
2.2.12.	Límites Máximos Permisibles (LMP)	41
2.3.	Marco conceptual	42
2.3.1.	Saneamiento básico	42
2.3.2.	Agua residual.....	42
2.3.3.	Parámetros físicos - químicos.....	42
2.3.4.	Parámetros bacteriológicos.....	42
2.3.5.	Tratamiento de agua residual.....	43
2.3.6.	Biodigestor	43
2.4.	Hipótesis.....	43
2.5.	Operacionalización de variables.....	44
Capítulo III Marco metodológico		45
3.1.	Ubicación.....	45
3.1.1.	Condiciones ambientales.....	45
3.2.	Tipo y nivel de investigación	46
3.3.	Diseño de investigación.....	46
3.2.1.	Método de muestreo	48
3.2.2.	Frecuencia de monitoreo	48
3.2.3.	Parámetros monitoreados	48

3.2.4. Toma de muestras, etiquetado y transporte	49
3.4. Métodos de investigación.....	49
3.5. Población, muestra y muestreo.....	49
3.5.1. Población.....	49
3.5.2. Muestras	49
3.5.3. Muestreo.....	50
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	50
3.8. Aspectos éticos	51
Capítulo IV Resultados y discusiones.....	52
4.1. Descripción de resultado	52
4.1.1. Resultados de las concentraciones de temperatura, pH, DBO, DQO y SST en el afluente (entrada al biodigestor)	52
4.1.2. Resultados de las concentraciones de temperatura, PH, DBO ₅ , DQO Y SST en el efluente (salida al biodigestor).....	76
4.1.3. Comparación con los LMP	102
4.1.4. Eficiencia de remoción de los biodigestores.....	106
4.2. Contratación de la Hipótesis	108
4.2.1. Prueba de Hipótesis	109
4.3. Discusión de resultados	112
4.3.1. Temperatura.....	112
4.3.2. pH.....	113
4.3.3. DBO ₅	114
4.3.4. DQO	114
4.3.5. SST	115
4.3.6. Eficiencia de Remoción de la DBO ₅ , DQO, SST y Comparación con los LMP	115
Capítulo V Conclusiones y recomendaciones.....	117

5.1. Conclusiones	117
5.2. Recomendaciones	117
Capítulo VI Referencias.....	119
Capítulo VII Anexos	130
7.1. Anexo N° 1: Panel fotográfico	130
7.2. Anexo N° 2: Cadena de custodia.....	134
7.3. Anexo N° 3: Informes de Resultados	137
7.4. Anexo N° 4: Acreditación del laboratorio.....	149

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1 Límites máximos permisibles	42
Tabla 2 Operacionalización de variables	44
Tabla 3 Puntos de monitoreo	48
Tabla 4 Conservación de muestras	49
Tabla 5 Ubicación de los biodigestores	50
Tabla 6 Promedios de temperaturas (°C) en el afluente de los biodigestores monitoreados..	52
Tabla 7 Promedios de pH en el afluente de los biodigestores monitoreados.....	57
Tabla 8 Promedio de las concentraciones de la DBO ₅ (mg L ⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados	62
Tabla 9 Promedio de las concentraciones de la DQO (mg L ⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados	67
Tabla 10 Promedio de las concentraciones de SST (mg L ⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados.....	72
Tabla 11 Promedios de temperaturas (°C) en el efluente de los biodigestores monitoreados	77
Tabla 12 Promedios de pH en el efluente de los biodigestores monitoreados.....	82
Tabla 13 Promedio de las concentraciones de la DBO ₅ (mg L ⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados	87
Tabla 14 Promedio de las concentraciones de la DQO (mg L ⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados	92
Tabla 15 Promedio de las concentraciones de SST (mg L ⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados.....	97
Tabla 16 Eficiencia de remoción de la DBO ₅	107
Tabla 17 Eficiencia de remoción de la DQO	107

Tabla 18	Eficiencia de remoción de los SST	108
Tabla 19	Resultados del test de normalidad (Shapiro-Wilk) para los parámetros evaluados en el efluente y efluente	109
Tabla 20	Valores estadísticos de la prueba de hipótesis para la eficiencia de remoción de la DBO ₅ , DQO y SST	111
Tabla 21	Valores del p-valor para prueba de hipótesis	111

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1 Tipos de Unidad Básica de Saneamiento (USB).....	24
Figura 2 Unidad básica de saneamiento de hoyo seco ventilado.....	25
Figura 3 Unidad básica de saneamiento compostera de doble cámara (UBS-COM).....	26
Figura 4 Unidad básica de saneamiento compostera para zona inundable (UBS-ZIN)	27
Figura 5 Unidad básica de saneamiento de tanque séptico mejorado (UBS-TSM).....	28
Figura 6 Componentes de una UBS-TSM	29
Figura 7 Tipos de tratamiento de aguas residuales	33
Figura 8 Tipos de tratamientos secundarios para aguas residuales.....	36
Figura 9 Componentes del biodigestor	38
Figura 10 Componentes de la instalación del biodigestor	38
Figura 11 Pasas del funcionamiento del biodigestor	40
Figura 12 Extracción de lodos	41
Figura 13 Mapa de ubicación del Sector uno- Cabracancha.....	45
Figura 14 Diseño de investigación.....	47
Figura 15 Temperatura (°C) en el afluente de los biodigestores monitoreados.....	53
Figura 16 Correlación entre la Temperatura y el pH en el afluente del biodigestor.....	54
Figura 17 Correlación de la temperatura y la DBO ₅ en el afluente del biodigestor.....	54
Figura 18 Correlación entre la temperatura y la DQO en el afluente del biodigestor	55
Figura 19 Correlación entre la temperatura y SST en el afluente del biodigestor	56
Figura 20 pH en el afluente de los biodigestores monitoreados	57
Figura 21 Correlación del pH y la temperatura en el afluente del biodigestor	58
Figura 22 Correlación del pH y la DBO ₅ en el afluente del biodigestor	59
Figura 23 Correlación del pH y la DQO en el afluente del biodigestor	60

Figura 24	Correlación del pH y los SST en el afluente del biodigestor	61
Figura 25	Concentraciones de la DBO ₅ (mg L ⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados.....	62
Figura 26	Correlación de la DBO ₅ y la temperatura en el afluente del biodigestor	63
Figura 27	Correlación de la DBO ₅ y el pH en el afluente del biodigestor.....	64
Figura 28	Correlación de la DBO ₅ y la DQO en el afluente del biodigestor.....	65
Figura 29	Correlación de la DBO ₅ y los SST en el afluente del biodigestor.....	66
Figura 30	Concentraciones de la DQO (mg L ⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados.....	67
Figura 31	Correlación de la DQO y la temperatura en el afluente del biodigestor	68
Figura 32	Correlación de la DQO y el pH en el afluente del biodigestor.....	69
Figura 33	Correlación de la DQO y la DBO ₅ en el afluente del biodigestor.....	70
Figura 34	Correlación de la DQO y los SST en el afluente del biodigestor	71
Figura 35	Concentraciones de SST (mg L ⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados	72
Figura 36	Correlación de la SST y la temperatura en el afluente del biodigestor	73
Figura 37	Correlación de la SST y el pH en el afluente del biodigestor	74
Figura 38	Correlación de la SST y la DBO ₅ en el afluente del biodigestor.....	75
Figura 39	Correlación de la SST y en la DQO afluente del biodigestor.....	76
Figura 40	Temperatura (°C) en el efluente de los biodigestores monitoreados.....	77
Figura 41	Correlación entre la Temperatura y el pH en el efluente del biodigestor.....	78
Figura 42	Correlación de la temperatura y la DBO ₅ en el afluente del biodigestor	79
Figura 43	Correlación entre la temperatura y la DQO en el afluente del biodigestor	80
Figura 44	Correlación de la temperatura y los SST en el afluente del biodigestor	81
Figura 45	pH en el efluente de los biodigestores monitoreados	82

Figura 46	Correlación del pH y la temperatura en el efluente del biodigestor	83
Figura 47	Correlación del pH y la DBO ₅ en el efluente del biodigestor	84
Figura 48	Correlación del pH y la DQO en el efluente del biodigestor	85
Figura 49	Correlación del pH y los SST en el efluente del biodigestor	86
Figura 50	Concentraciones de la DBO ₅ (mg L ⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados.....	87
Figura 51	Correlación de la DBO ₅ y la temperatura en el efluente del biodigestor	88
Figura 52	Correlación de la DBO ₅ y el pH en el efluente del biodigestor.....	89
Figura 53	Correlación de la DBO ₅ y la DQO en el efluente del biodigestor.....	90
Figura 54	Correlación de la DBO ₅ y los SST en el efluente del biodigestor.....	91
Figura 55	Concentraciones de la DQO (mg L ⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados.....	92
Figura 56	Correlación de la DQO y la temperatura en el efluente del biodigestor	93
Figura 57	Correlación de la DQO y el pH en el efluente del biodigestor.....	94
Figura 58	Correlación de la DQO y la DBO ₅ en el efluente del biodigestor.....	95
Figura 59	Correlación de la DQO y los SST en el efluente del biodigestor.....	96
Figura 60	Concentraciones de SST (mg L ⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados	97
Figura 61	Correlación de la SST y la temperatura en el efluente del biodigestor	98
Figura 62	Correlación de la SST y el pH en el efluente del biodigestor	99
Figura 63	Correlación de la SST y la DBO ₅ en el efluente del biodigestor.....	100
Figura 64	Correlación de la SST y en la DQO efluente del biodigestor.....	101
Figura 65	Comparación de la temperatura con los LPM para efluentes tratados	102
Figura 66	Comparación del pH con los LPM para efluentes tratados	103
Figura 67	Comparación de la DBO ₅ con los LPM para efluentes tratados	104

Figura 68 Comparación de la DQO con los LPM para efluentes tratados.....	105
Figura 69 Comparación de la SST con los LPM para efluentes tratados	106
Figura 70 Primer biodigestor para monitoreo	130
Figura 71 Segundo biodigestor para monitoreo.....	130
Figura 72 Tercer biodigestor para monitoreo	131
Figura 73 Toma de muestras en el primer biodigestor	131
Figura 74 Registro de temperatura y pH de las muestras	132
Figura 75 Embarazado de muestras para análisis de laboratorio.....	132
Figura 76 Colocación de las muestras en el cooler.....	133
Figura 77 Embalado de muestras.....	133

Resumen

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la eficiencia de remoción de DBO₅, DQO y SST de los biodigestores instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha. Se recolectaron un total de 18 muestras en el afluente y efluente de los tres biodigestores seleccionados mediante métodos no probabilísticos por conveniencia. La investigación es descriptiva; durante los meses de enero y febrero se analizó la temperatura, pH, DBO₅, DQO y SST en el afluente y efluente de estos biodigestores obteniendo como resultado una temperatura promedio de 16,74 °C, un pH promedio de 8,23 y una eficiencia de remoción para la DBO₅, DQO y SST de 77,84%; 79,76% y 89,32%, respectivamente. Concluyendo que los biodigestores son eficientes en la remoción de las concentraciones de la DBO₅, DQO y SST; sin embargo, no cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para el vertimiento de efluentes tratados, establecidos mediante D.S. N° 003-2010-MINAM; por lo tanto, se requerirá adicionar un tratamiento secundario para mejorar la calidad de estos efluentes.

Palabras clave: biodigestores, afluente, efluente y eficiencia.

Abstract

The present investigation was carried out with the objective of determining the removal efficiency of BOD₅, COD and TSS of the biodigesters installed in sector one of the Cabracancha community. A total of 18 samples were collected in the influent and effluent of the three selected biodigesters using non-probabilistic methods by convenience. The research is descriptive; during the months of January and February, the temperature, pH, BOD₅, COD and TSS in the influent and effluent of these biodigesters were analyzed, obtaining as a result an average temperature of 16.74 °C, an average pH of 8.23 and a removal efficiency for BOD₅, COD and TSS of 77.84%, 79.76% and 89.32%, respectively. It is concluded that the biodigesters are efficient in the removal of BOD₅, COD and TSS concentrations; however, they do not comply with the Maximum Permissible Limits (MPL) for the discharge of treated effluents, established by D.S. N° 003-2010-MINAM; therefore, it will be necessary to add a secondary treatment to improve the quality of these effluents.

Key words: biodigesters, influent, effluent and efficiency.

Capítulo I

Introducción

1.1. Planteamiento del problema

La inadecuada eliminación de excretas y aguas residuales ha sido un problema que ha ocasionado contaminación en el ambiente y complicaciones en la salud de las personas, esta situación adversa se ha agravado con el aumento de la población. A nivel mundial, la mayoría de zonas rurales no cuentan con instalaciones adecuadas para la disposición de las excretas, esto ha conllevado a que sean depositadas al aire libre en fosos sépticos o en letrinas; son pocas las zonas rurales que cuentan con un sistema de alcantarillado, así como lo menciona la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) que más de 673 millones de seres humanos realizan sus deposiciones al aire libre y 4 200 millones utilizan instalaciones de saneamiento que no poseen tratamiento de excretas.

Actualmente, a pesar de contar con diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales, se sigue eliminando excretas y aguas residuales directamente en el ambiente sin ningún tratamiento. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO, 2019), a nivel mundial más de un 80% de las aguas residuales generadas son vertidas directamente al ambiente sin ningún tratamiento. Asimismo, los países con ingresos económicos elevados tratan el 70% de las aguas residuales que generan; en países con una economía de media a elevada el 38%; en países con economías de medio a bajo nivel el 28%; mientras que en los países subdesarrollados solo el 8% (Humanante et al., 2022).

Liberar las aguas residuales directamente en el ambiente trae consigo problemas de contaminación en el suelo, en el agua y sobre todo en la salud de las personas. La OMS (2020) establece que el agua contaminada asociada a un deficiente saneamiento causa graves consecuencias para la salud de las personas, debido a que estas pueden causar enfermedades como el cólera, diarrea, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y poliomielitis. Las

consecuencias por el limitado acceso a los servicios básicos de saneamiento recaen más en la población infantil, quienes son los más expuestos a contraer enfermedades. Según Cabezas (2018), más de 340 000 niños menores a 5 años mueren a causa de enfermedades infecciosas y falta de higiene, provocados por el consumo de aguas contaminadas con patógenos y por la proliferación de estos a causa de la presencia de vectores infecciosos; por ello, es importante que los gobiernos prioricen acciones frente a esta problemática para garantizar la salud pública.

El gobierno peruano, en el año 2012, creó el Programa Nacional de Saneamiento Rural con el propósito de mejorar la calidad, ampliar la cobertura y promover el adecuado uso sostenible del agua y saneamiento en todas las poblaciones rurales del país (Decreto Supremo N° 002-2012-VIVIENDA). Desde entonces se han venido implementando proyectos de saneamiento en las diferentes regiones; aun así, el deficiente mantenimiento y la baja adaptabilidad al medio donde se desarrollan algunos de estos proyectos han ocasionado que estos fracasen generando pérdidas económicas para el Estado.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2020) señala que hasta marzo del año 2020 el 24,7% de la población seguía utilizando viviendas que carecían de un sistema de alcantarillado por red pública; el 9% de la población realizó la eliminación de excretas en pozos ciegos, el 5,2% utilizó pozos sépticos, el 2,5% usó letrinas, el 1,2% los ríos o acequias, y el 6,5% no contaba con ningún tipo de infraestructura para la eliminación de excretas.

Ante esta situación, una de las alternativas utilizadas para mejorar los servicios básicos de saneamiento rural en el Perú ha sido la construcción de módulos, técnicamente conocidos como Unidades de Servicios Básicos con Sistema de Arrastre (USB-SA), en donde se emplean biodigestores para el tratamiento del agua residual, los cuales son utilizados para reemplazar las fosas sépticas y letrinas; estos constan de un tanque de polietileno de capacidad de 600 litros que posee un sistema especial que facilita extraer los lodos, controla los malos olores, y es notablemente higiénico debido a que no atrae vectores infecciosos; sin embargo, la eficiencia

y operatividad de los biodigestores depende del mantenimiento periódico que se le dé (Decreto Supremo N° 002-2012-VIVIENDA).

En el distrito de Chota, se han ejecutado proyectos de saneamiento básico con biodigestores en diferentes centros poblados y comunidades, uno de los beneficiados fue la comunidad de Cabracancha. El 8 de diciembre del 2015 inició este proyecto, sin embargo, desde la culminación del proyecto no se conoce la eficiencia de estos biodigestores; por tal motivo, esta investigación buscó determinar la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) de los biodigestores instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha, los cuales vienen funcionando desde el 2016.

Conocer la eficiencia de dichos biodigestores permitió analizar si este proyecto es beneficioso para los pobladores y, también, conocer si el efluente cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos bajo el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de remoción de la DBO_5 , DQO y SST de los biodigestores instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha, Chota, 2022?

1.3. Justificación

Las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) en las viviendas son de vital importancia, debido a que mejora las condiciones de vida de las personas; por tal razón, en los últimos años las diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales han considerado oportuna la implementación de proyectos de saneamiento con sistemas tecnológicos más completos que eviten y controlen la contaminación del ambiente, sustituyendo de esta manera los sistemas convencionales.

En la actualidad, se están instalando UBS con arrastre hidráulico en la zona rural, los cuales tienen como componente más importante a los biodigestores para el tratamiento de las

aguas residuales domésticas. Estos sistemas, por su modo de funcionamiento y por la instalación aledaña a las viviendas, necesitan ser eficientes en la remoción de contaminantes, para así garantizar un ambiente saludable y que la población no esté expuesta a contraer enfermedades por contaminación de agua residual. Por tal motivo, surge la necesidad de determinar la eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO y SST de los biodigestores instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha, puesto que hasta la fecha no existe información sobre la eficiencia de los biodigestores después de cierto tiempo de uso.

Los resultados de esta investigación serán útiles para la implementación de nuevos proyectos que busquen mitigar los problemas de contaminación ambiental; además, servirá como fuente de información primaria para nuevos proyectos, beneficiando de esta manera a la comunidad universitaria y a la ampliación del conocimiento científico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) de los biodigestores del sector uno de la comunidad de Cabracancha.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de la DBO₅, DQO y SST al ingreso del biodigestor.
- Determinar la concentración de la DBO₅, DQO y SST a la salida del biodigestor.
- Comparar las concentraciones de la DBO₅, DQO y SST a la salida del biodigestor con los Límites Máximos Permisibles (LMP) correspondientes.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Da Silva et al. (2019) investigaron sobre los biodigestores domésticos con el objetivo de evaluar la eficiencia de estos en la eliminación de bacterias entéricas y virus en zonas rurales pobres del estado Minas Gerais-Brasil. La metodología que emplearon consistió en tomar muestras del agua residual a la entrada y salida de los biodigestores para el análisis fisicoquímico y la eliminación de patógenos. Los resultados que obtuvieron fueron que el pH estuvo entre 6,0 y 7,0 tanto en el afluente como en el efluente; la temperatura entre 22,0 y 23,0 °C en el afluente y entre 23,8 y 28,4 °C en el efluente; asimismo, observaron que los demás parámetros evaluados no se eliminaron eficientemente. Sin embargo, estos biodigestores promovieron la reducción de virus entéricos y bacterias, por lo que concluyeron que los biodigestores son eficientes al 90% en la reducción de *Adenovirus humano* (HAdV); 99% en virus de la hepatitis A (HAV); 99,99% en *Salmonella sp* y 99,999% en *Escherichia coli* de aguas residuales domésticas.

Por otro lado, Cubillos y Huertas (2018) evaluaron la eficiencia de un biodigestor en la remoción de materia orgánica de agua residual en Cumaral-Meta, Colombia, con el objetivo de analizar los parámetros fisicoquímicos como el potencial de hidrógeno (pH), temperatura, conductividad, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) y Sólidos Sedimentables (Ssed). La metodología que utilizaron se sustentó en seis experimentos y tres repeticiones del tratamiento. Los resultados que obtuvieron sobre la eficiencia de remoción fueron un 84,95% en la DBO; 88,74% en la DQO; 81,04% en los SST y 86,5% en los SSV y 84,48% para Ssed. Con estos datos, los autores concluyeron que, a pesar del alto porcentaje de

remoción, el efluente no cumple con las normas para que sea vertido a las fuentes hídricas y el principal factor que limitó la remoción fue la frecuencia de mantenimiento.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Domínguez y Rojas (2019) estudiaron la eficiencia de biodigestores en el tratamiento de residuos sólidos del agua residual en el distrito de Huando-Huancavelica, la metodología que utilizaron se basó en analizar los parámetros físicos: temperatura (T°) y STS; químicos: pH, DQO, DBO₅; aceites y grasas; microbiológicos como los Coliformes Termotolerantes (CTT). Los resultados que obtuvieron fueron que la remoción de contaminantes para los STS fue del 50,09%; en la remoción de DQO, del 73,14%; en la remoción de DBO₅, del 71,47%; en la remoción de AyG, del 93,47%, y en la remoción de CTT, del 36,75%. De este modo, los investigadores concluyeron que los biodigestores son eficaces en la depuración de aguas residuales.

Ríos y Cisneros (2019) evaluaron la eficiencia de un biodigestor en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Carapongo – Lurigancho, para lograr su objetivo la metodología que emplearon consistió en analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con la toma de muestras al ingreso del biodigestor y a la salida del mismo. Los resultados que obtuvieron fueron que la eficiencia de remoción del biodigestor fue del 82,5% para aceites y grasas; 98,3% en coliformes totales; 97,3% para coliformes termotolerantes; 84,9% en DBO₅; 82% en DQO y 89,5% en SST. Determinaron que la eficiencia promedio del biodigestor fue de 89% y concluyeron que este era una alternativa viable y sostenible en el tratamiento de aguas residuales, debido a que un biodigestor eficiente reduce los impactos ambientales y contribuye a la salud de la población.

León (2018) analizó la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de agua residual en el distrito de Torata – Moquegua, la metodología utilizada se basó en la toma de muestras en el afluente y efluente de los biodigestores. para determinar las características de los

parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. De esta forma, obtuvo como resultados que la eficiencia en el tratamiento en la DBO₅ fue del 59,51%; en la DQO, del 49,16%; para aceites y grasas, del 35,95%; en los STS, del 52,78%; en Coliformes Termotolerantes, del 89,19%; estos resultados fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana; de este modo, llegó a la conclusión de que la DBO y la DQO no cumplen con los LMP; por lo tanto, refiere que estos efluentes no deben ser vertidos a los cuerpos de aguas.

2.1.3. Antecedentes regionales

Aguilar (2018) determinó el nivel de eficiencia de los biodigestores en la comunidad El Tingo, Celendín. Para cumplir con este objetivo la metodología que utilizó el autor fue la recolección de los datos en tres tiempos, durante la instalación, operación y mantenimiento de los biodigestores. Así, obtuvo como resultados que en tres viviendas equivalentes al 15% de la muestra, el nivel de eficiencia fue malo; en 14 viviendas equivalentes al 70% de la muestra, el nivel de eficiencia fue regular; y en 4 viviendas equivalente al 15% restante de la muestra, el nivel de eficiencia fue bueno. De este modo, concluyó que el principal problema que trae como consecuencia el mal funcionamiento de los biodigestores es la falta de asistencia técnica a los usuarios en temas de mantenimiento.

Mori (2021) evaluó la eficiencia de un biodigestor en la remoción de materia orgánica y sólidos de agua residual en la comunidad de Cárnico en Celendín, la metodología empleada por el autor se basó en la toma de muestras para el análisis de la DBO, la DQO y los SST, las muestras se tomaron a partir de los 45 días de uso del biodigestor y se continuó cada 10 días hasta completar los tres meses de muestreo. Por consiguiente, obtuvo como resultados que a partir de los 120 días la remoción es notoria, llegando a una eficiencia del 99,72% para la DBO₅; 98,98% para la DQO y 99,17% para los SST, concluyendo así que el biodigestor es eficiente en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

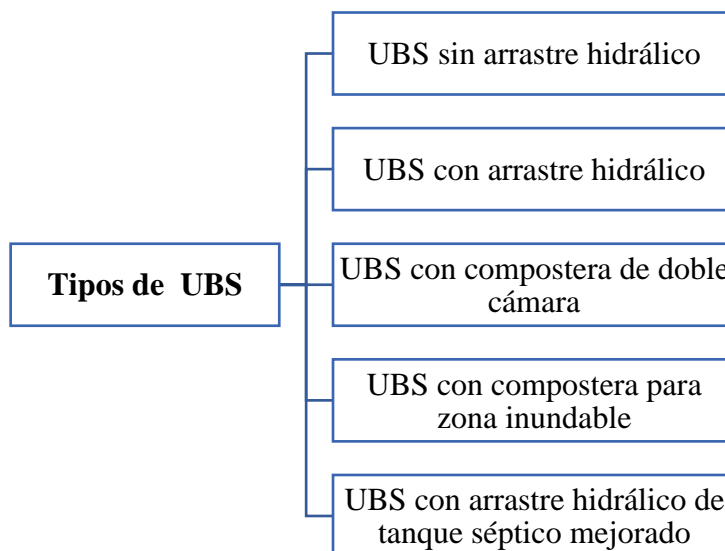
2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Saneamiento

Es considerado como una tecnología económica que no requiere de una inversión elevada para su implementación. El saneamiento básico permite la eliminación de excretas y aguas residuales de manera higiénica y segura, esto permite que las poblaciones de la zona rural tengan un entorno con condiciones adecuadas, con ambientes sanos y saludables. Estos sistemas de saneamiento básico brindan un acceso de uso seguro y privado a los usuarios (INEI, 2020).

Figura 1

Tipos de Unidad Básica de Saneamiento (USB)



Fuente: Huaman y Romero, 2020

2.2.2. Sistemas sin arrastre hidráulico

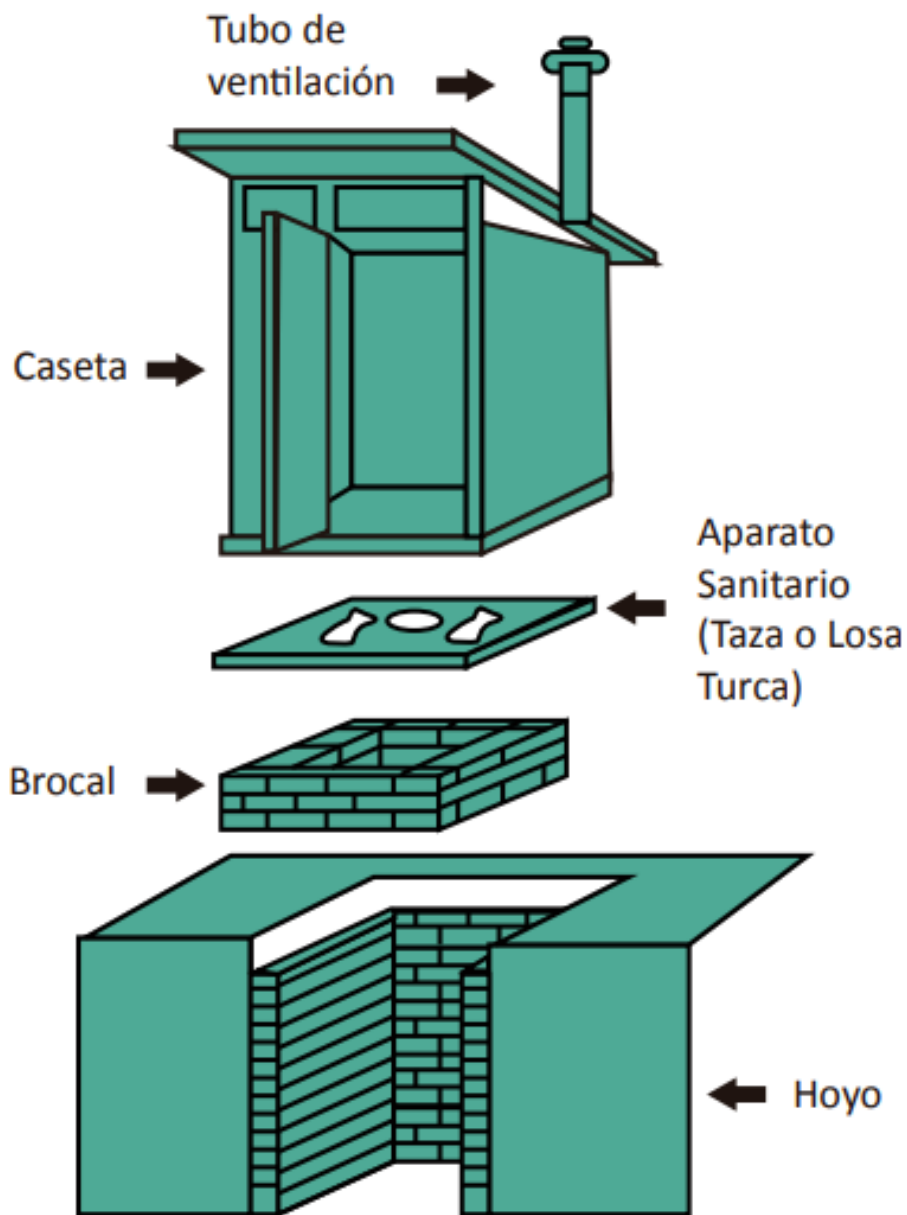
2.2.2.1. Unidad básica de saneamiento de hoyo seco ventilado (UBS-HSV)

Es un sistema que permite el almacenamiento de excretas, orina y papel en un hoyo construido y ubicado bajo una losa o plancha de concreto, la cual debe estar cubierta por una caseta. La caseta debe estar instalada sobre la superficie del suelo con las dimensiones adecuadas para el ingreso de cualquier persona, esta debe estar construida

con material bien consistente pero liviano para una fácil reubicación una vez que el hoyo se haya llenado. Esta estructura no puede ser utilizada para aseo personal, por tal razón es necesario construir otra caseta cerca o a continuación para instalar una ducha y un lavadero multiusos (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2018).

Figura 2

Unidad básica de saneamiento de hoyo seco ventilado



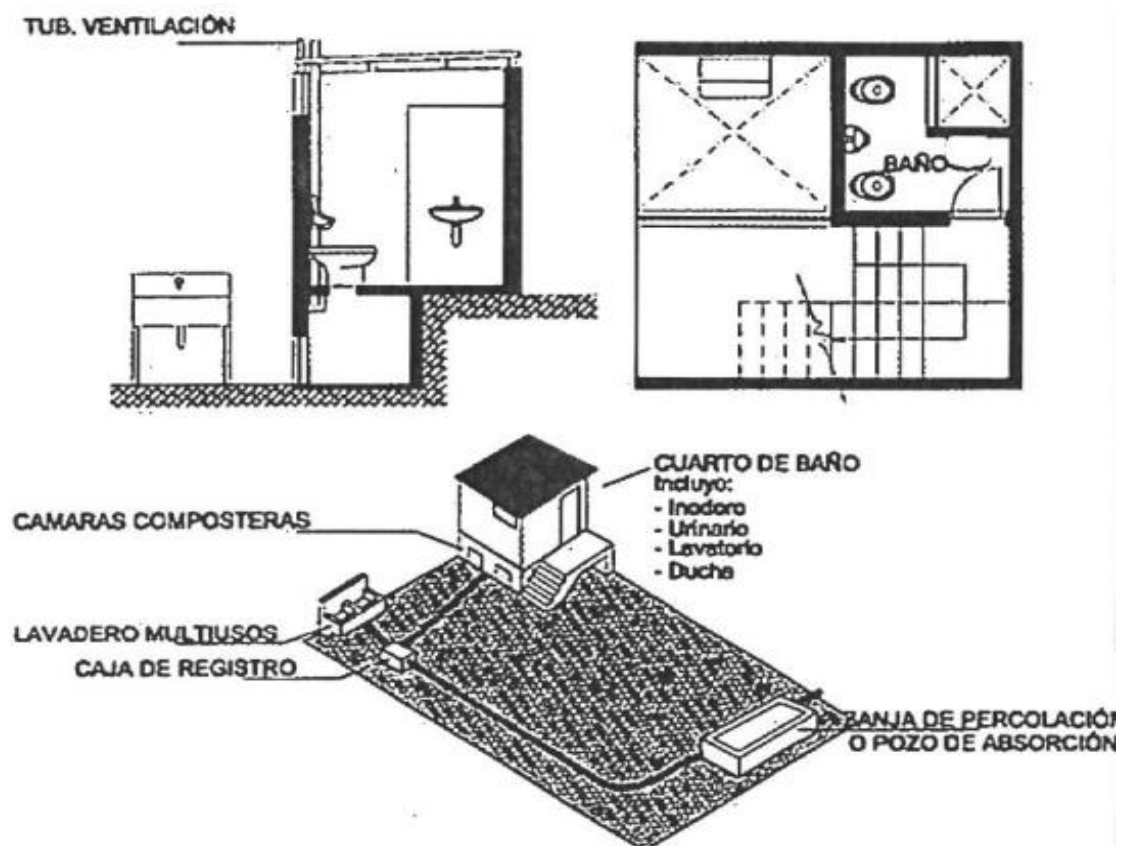
Fuente: López, 2011

2.2.2.2. Unidad básica de saneamiento compostera de doble cámara (UBS-COM)

Es un sistema utilizado en la zona rural para la eliminación de excretas, tiene una particularidad característica de eliminar los patógenos, debido a que existe ausencia de humedad, mantiene una alta temperatura y ausencia de oxígeno en su interior. Contiene una taza especial que sirve para separar la orina y drenar hacia un espacio de infiltración, muy aparte del punto de almacenamiento de las excretas; por la ausencia de humedad, las excretas descompuestas tienden a ser utilizadas como abono orgánico con contenido elevado de nutrientes para reforzar las propiedades de los suelos (MVCS, 2018).

Figura 3

Unidad básica de saneamiento compostera de doble cámara (UBS-COM)



Fuente: Resolución Ministerial N° 189-2017-VIVIENDA

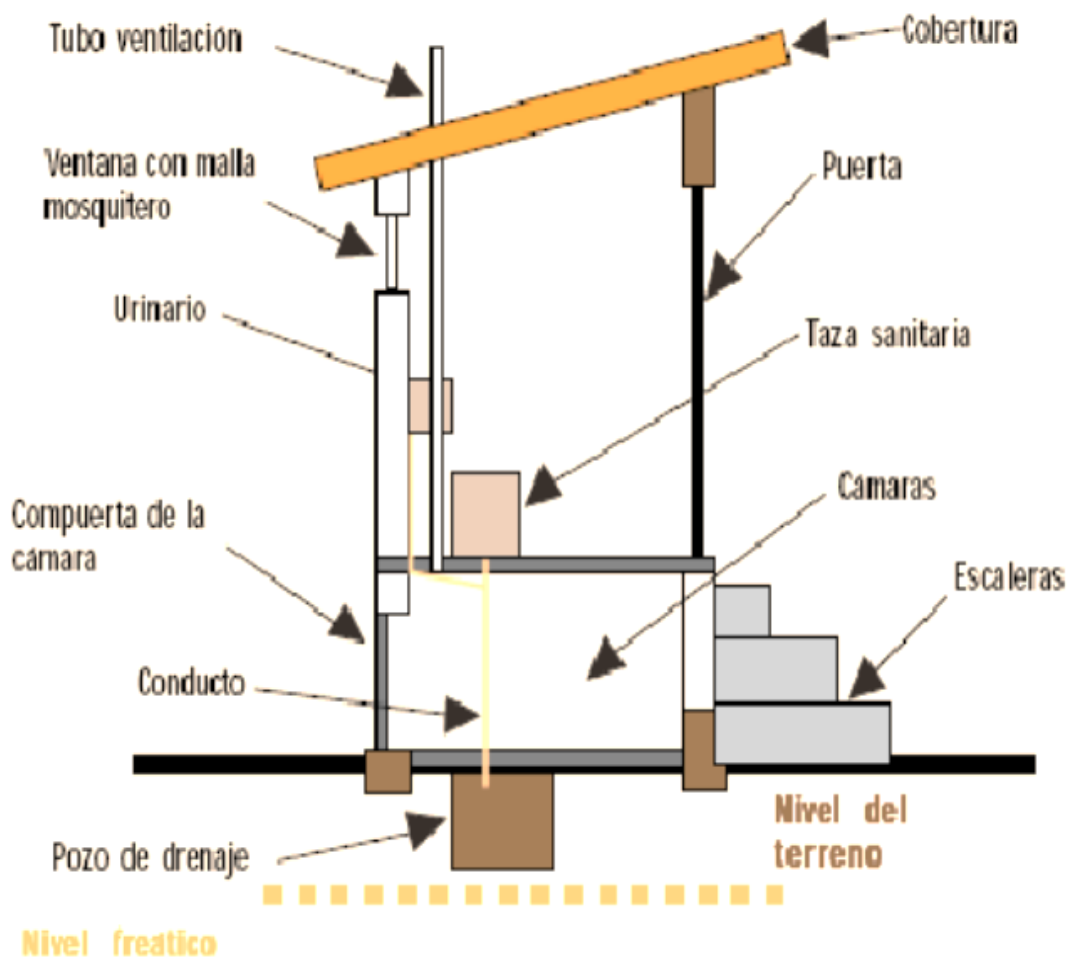
2.2.2.3. Unidad básica de saneamiento compostera para zona inundable (UBS-ZIN)

Este tipo de sistema tiene las mismas características al sistema de compostera de doble cámara, el mismo funcionamiento, pero en condiciones diferentes debido a que estos

sistemas solo se instalan en zonas que permanente o temporalmente se encuentran inundadas, es por eso que las casetas deben estar instaladas a una altura considerable del nivel del suelo, dependiendo de las condiciones de la zona de instalación (MVCS, 2018).

Figura 4

Unidad básica de saneamiento composter para zona inundable (UBS-ZIN)



Fuente: Secretaria del Agua, 2016.

2.2.3. Sistemas con arrastre hidráulico

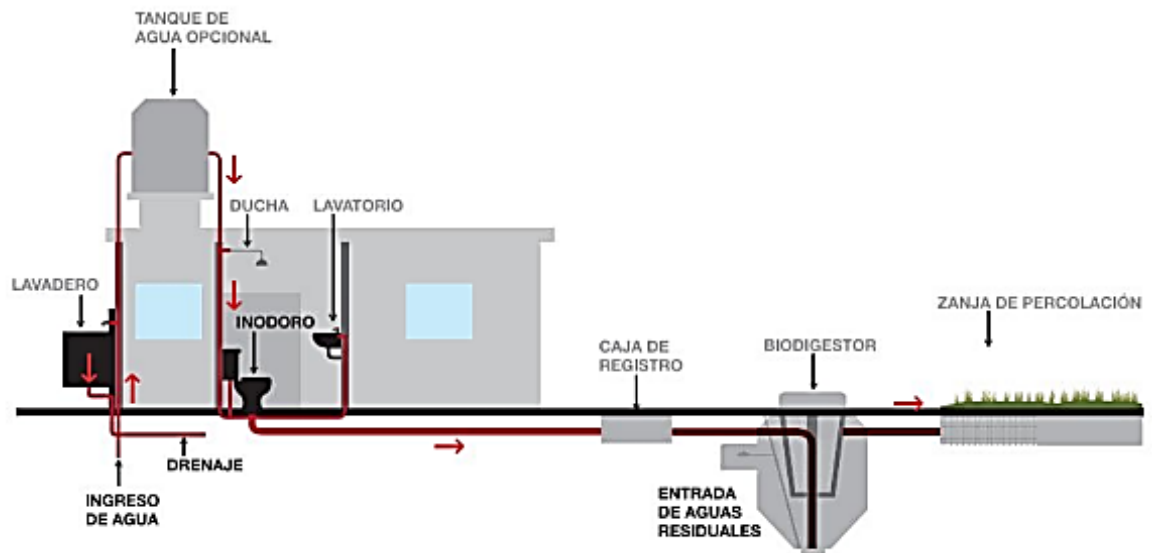
2.2.3.1. Unidad básica de saneamiento de tanque séptico mejorado (UBS-TSM)

Son sistemas con arrastre hidráulico, se caracterizan por contener un dispositivo prefabricado que permite el tratamiento primario del agua residual. Su diseño está en función a la norma IS.020 (Tanque Séptico), cuya función principal es la separación de

los líquidos y sólidos. Como parte de su estructura cuenta con un tubo PVC de ingreso de 4", los sólidos que drenan a través de este tubo se almacenan en el fondo del tanque, donde por intervención de bacterias se logra la descomposición para luego ser desechados en un tiempo aproximado de 18 meses. En cuanto al líquido, este sale por un tubo PVC de 2" por el lado opuesto al de ingreso, estos antes de salir pasan por un espacio de filtrado que favorece su calidad, de esta manera lo hace un líquido apto para utilizarlo en riego (MVCS, 2018).

Figura 5

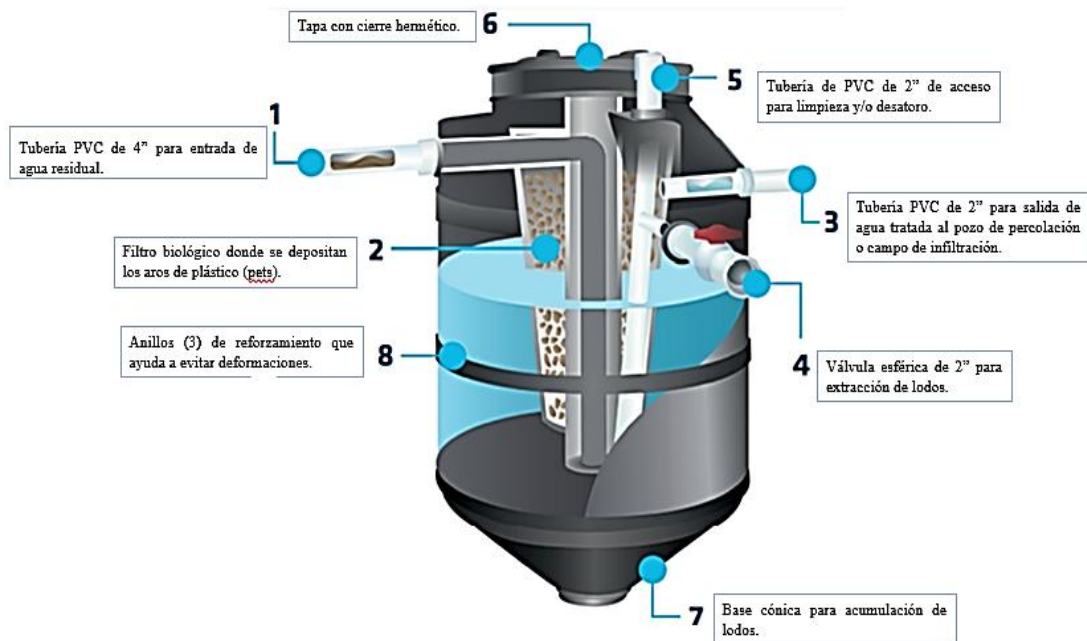
Unidad básica de saneamiento de tanque séptico mejorado (UBS-TSM)



Fuente: MVCS, 2013.

Figura 6

Componentes de una UBS-TSM



Fuente: Rotoplas, 2018.

2.2.4. Aguas residuales

Según Amoatey y Bani (2011) son aguas cuyas propiedades microbiológicas, físicas o químicas han sido modificadas por algunas sustancias como heces, orina, detergentes, restos de comida, entre otros, que hacen que esta sea insegura para el consumo humano. Las aguas residuales son el subproducto de muchos usos del agua. Están los usos domésticos como ducharse, lavar platos, lavar la ropa y, por supuesto, tirar de la cadena del inodoro.

Las aguas residuales son el resultado del uso de aguas limpias, las cuales han sido utilizadas para satisfacer ciertas necesidades donde consecuentemente tienden a ser modificadas sus características originales, por lo tanto, necesitan de ciertos procesos de tratamiento para recuperar sus propiedades no siempre originales, sino que por lo menos puedan ser dispuestas nuevamente a los cuerpos de agua sin la necesidad de que estas ocasionen contaminación. Las aguas residuales son producidas por las actividades antrópicas utilizadas para uso doméstico o durante la producción de bienes o servicios (OEFA, 2014).

Vilanova et al. (2017) establecen que el agua residual es generada por las diferentes actividades que el ser humano realiza diariamente, las cuales en zonas urbanas son drenadas mediante redes de alcantarilla y solo en algunos lugares llevadas a plantas de tratamiento y en la mayoría de los casos son dispuestas directamente en el ambiente, contaminando fuentes naturales de agua como los ríos, quebradas, lagos, entre otros. Según Orozco (2005) las fuentes naturales de agua cuentan con la capacidad de diluir y degradar contaminantes, pero en bajas concentraciones; sin embargo, el aumento de la población y las diferentes industrias emiten cargas con concentraciones elevadas que dificulta la capacidad de resiliencia de la naturaleza.

2.2.5. Tipos de aguas residuales

Según la OEFA (2014) las aguas residuales se clasifican en domésticas, municipales e industriales.

2.2.5.1. Aguas residuales domésticas

Según el OEFA (2014) este tipo de aguas son producidas en las zonas comerciales y residenciales, se caracterizan por contener desechos fisiológicos, las cuales deben ser dispuestas adecuadamente para evitar daños a la población y al medio ambiente. Romero (2008) establece que este tipo de aguas también incluye aquellas provenientes de viviendas e instituciones. Además, menciona que las aguas residuales domésticas son la combinación de las aguas negras y grises. Las aguas negras provienen de los inodoros y son características por el contenido de excrementos humanos, orina y alto contenido de materia orgánica. Las aguas grises provienen del aseo personal, limpieza de ropa, pisos, servicios higiénicos entre otros.

2.2.5.2. Aguas residuales industriales

Son aguas producidas en las diferentes industrias, son el resultado del desarrollo de una serie de procesos con fines productivos, dentro de estas se puede incluir a las

provenientes de las actividades mineras, agrícolas, energéticas, agroindustriales, entre otras con características productivas similares (OEFA, 2014).

2.2.5.3. Aguas residuales municipales

El OEFA (2014) lo define como aquellas que contienen a las aguas domésticas asociadas con aguas de origen industrial pero previamente tratadas, además esta clasificación incluye a las aguas pluviales o de drenaje pluvial; estos tres tipos de aguas en su conjunto son consideradas como aguas municipales, las cuales deben ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

2.2.6. Características principales de las aguas residuales

2.2.6.1. Características físicas

a. Temperatura

Según Carrión et al. (2006) la temperatura es una de las características físicas importantes en el agua, interviene en una serie de procesos como las reacciones químicas, tiempos y velocidades de reacción, vida acuática y la conciliación del agua para fines benéficos, además modifica la solubilidad de sales, gases e interviene en la disociación de sales disueltas, modificando de manera indirecta a la conductividad eléctrica y el potencial de hidrógeno. Según Mora et al. (2020) la temperatura es un indicador principal que expresa el contenido de compuestos y contaminantes en el agua, por ejemplo, una elevada temperatura indica presencia de actividad física, química y biológica en cualquier tipo de agua.

b. Sólidos suspendidos totales (SST)

Pérez et al. (2013) mencionan que este parámetro está constituido por materiales que se encuentran diluidos y suspendidos en el agua y que por la densidad baja con la que cuentan tienden a precipitarse y sedimentarse al fondo del cuerpo que los contenga. Torres y Lozano (2017) mencionan que, durante la prueba de laboratorio, los sólidos

suspendidos totales son aquellos que permanecen después de que se ha sometido a evaporación total el agua en análisis, este proceso se realiza a temperaturas de entre 100 y 150 °C, y permite determinar el peso de los sólidos que permanezcan al final de la evaporación del agua.

2.2.6.2. Características químicas

a. *Potencial de hidrogeno (pH)*

Cajigas (2005) establece que el pH es la medida de acidez o alcalinidad del agua. El agua dentro de su composición química cuenta con iones libres de hidrógeno, este conjunto de iones contiene un peso, el cual determina el valor del pH. Se mide en una escala del 1 al 13, donde 7 es considerado como neutro, en cambio los valores menores a 7 son considerados ácidos y los valores mayores a 7 son considerados bases.

b. *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*

Ramalho citado por Raffo y Ruiz (2005) menciona que la DBO consiste en la medida de la concentración de oxígeno necesario para la oxidación y degradación de la materia orgánica; la oxidación se produce por la presencia de aire, es decir, este parámetro es evaluado mediante un proceso aerobio.

Para el control de agua potable y evaluación de concentración de contaminantes en aguas residuales, la DBO es uno de los indicadores más importantes. Para su determinación se trabaja a una temperatura de 20 °C por un espacio de tiempo de 5 días y se expresa en ppm de O₂, conocido como la DBO₅. Este proceso se utilizó en 1936 por la Asociación Americana de Salud Pública y desde allí ha sido utilizado como uno de los indicadores de contaminación más importantes (Raffo y Ruiz, 2005).

c. *Demanda química de oxígeno (DQO)*

Raffo y Ruiz (2005) mencionan que la DQO es un indicador de materia orgánica contenida en el agua, se utiliza para medir contenido de oxígeno equivalente a la

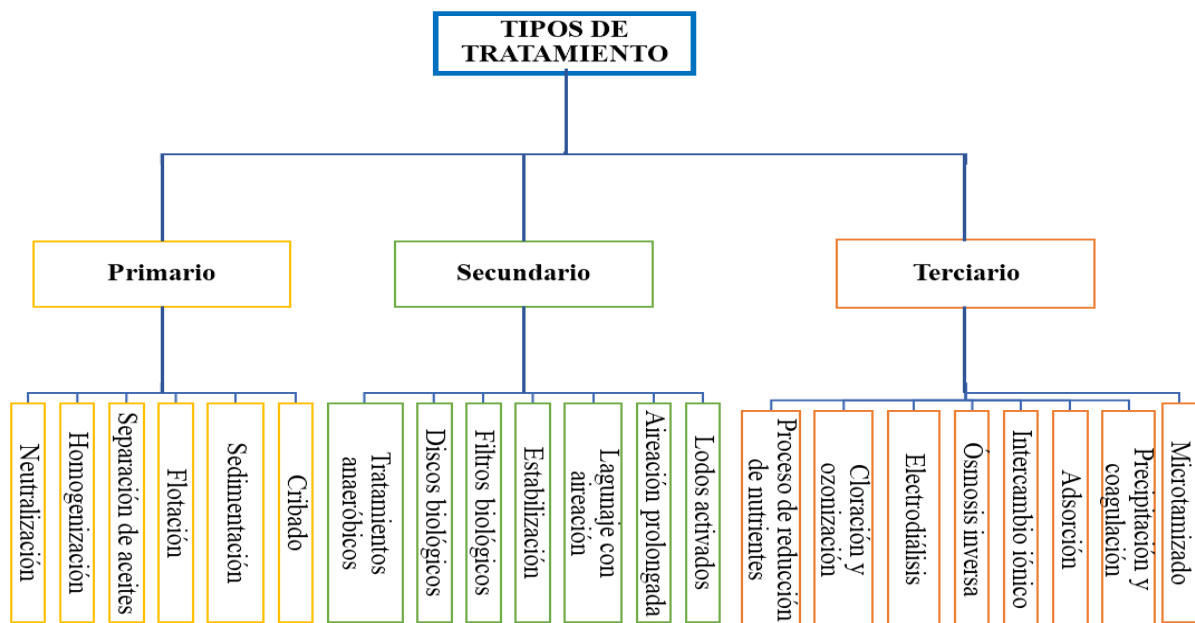
cantidad de materia orgánica oxidable a través del uso de un agente químico oxidante, por lo general se utiliza el dicromato de potasio. La DQO es utilizada para mediciones de materia orgánica en aguas residuales domésticas e industriales. Por su parte Aguirre et al. (2018) establece que en tratamientos anaeróbicos el 10% de la DQO es convertida en lodo.

2.2.7. Tipos de tratamiento de aguas residuales

Para elegir los sistemas de tratamiento más adecuados, los indicadores más utilizados son la DBO₅, DQO, los SST y los sólidos disueltos totales (SDT). Estos indicadores se evalúan mediante pruebas específicas de laboratorio. Las plantas de tratamiento de aguas residuales deben diseñarse y dimensionarse utilizando parámetros de calidad (es decir, DBO₅, DQO, TSS y SDT) medidos en muestras tomadas de las aguas residuales entrantes, idealmente tanto en condiciones secas como de esorrentía (Granata et al., 2017).

Figura 7

Tipos de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Ramalho, 2003

2.2.7.1. Tratamiento primario

Son el conjunto de procesos físicos o fisicoquímicos que se realizan con la finalidad de sedimentar los sólidos que posea el agua residual (Navarrete, 2020); es el más utilizado como único tratamiento o como previo al tratamiento biológico (Lizana, 2018).

a. Cribado

Sepúlveda y Sierra (2017) señala que es un tratamiento primario de sedimentación física que elimina los sólidos. Las aguas residuales que ingresan al tanque de sedimentación principal (o clarificador) se ralentizan para permitir que los sólidos más pesados se asienten en el fondo. Los materiales más livianos, como la grasa, flotarán en la parte superior del tanque. Los tanques de sedimentación están diseñados con mecanismos para eliminar tanto los sólidos sedimentados como los sólidos flotantes. Los clarificadores primarios son circulares o rectangulares. Ambos tipos funcionan igual de bien cuando se diseñan y mantienen adecuadamente. No todas las plantas tienen tratamiento primario.

b. Sedimentación

Este tratamiento se basa en la sedimentación de sólidos orgánicos por efectos de la gravedad (Organización Panamericana de la Salud, 2005); es uno de los más utilizados y también se emplea para eliminar flóculos que se generan en la coagulación química (Bermeo y Salazar, 2013).

c. Flotación

Consiste en el aumento de tamaño de partículas que tienen la misma densidad del agua, como grasas y aceites. Este tratamiento une los flóculos presentes en el agua residual, para que luego sean decantados (Bermeo y Salazar, 2013).

d. Neutralización

Tiene como finalidad mejorar el pH del agua residual, es decir, aproximar el pH a 7 (neutro). Para la neutralización de aguas ácidas se utiliza óxido de calcio o comúnmente conocido como cal, óxido de magnesio e hidróxido de sodio. Para las aguas alcalinas se utiliza ácido clorhídrico, sulfúrico o anhídrido carbónico (Bermeo et al., 2017).

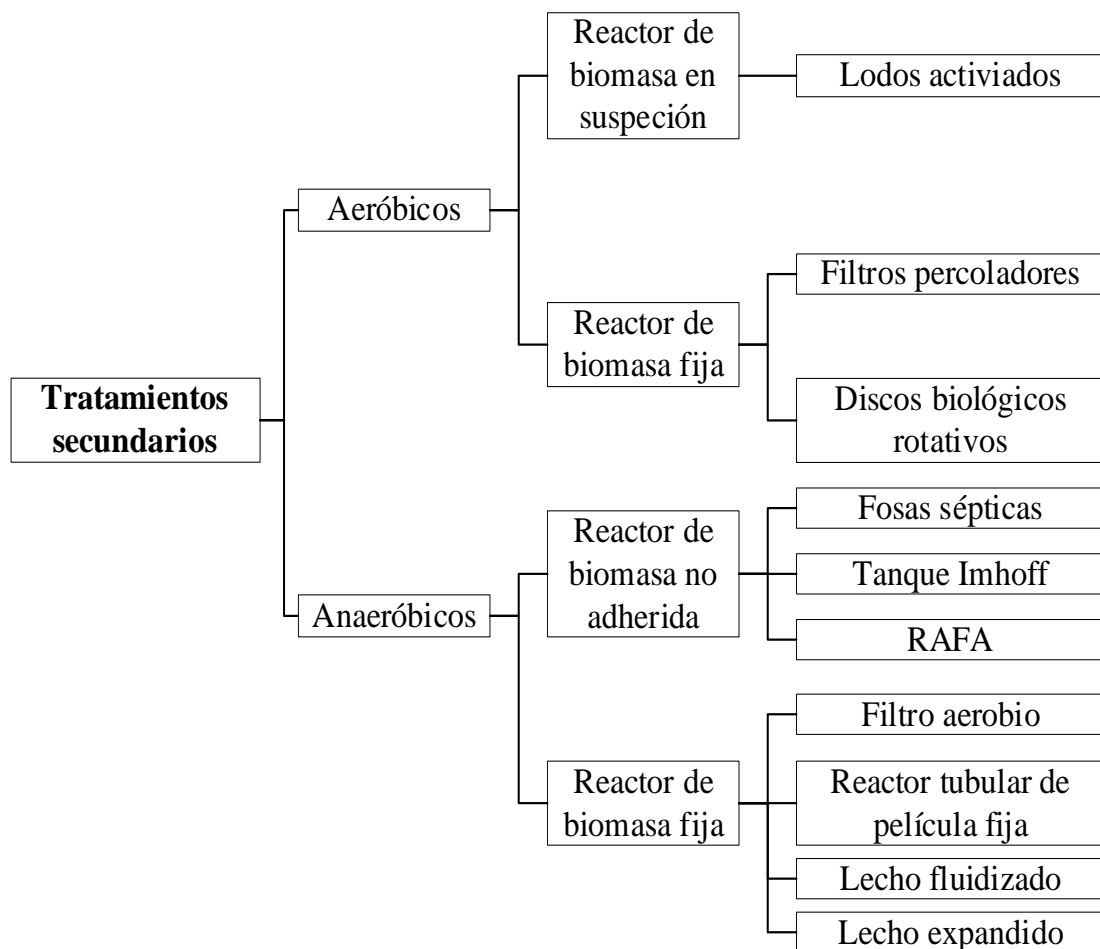
2.2.7.2. Tratamiento secundario

Este tratamiento incluye a todos los procesos biológicos a los que se somete al agua residual para su tratamiento, pueden ser anaerobio o aeróbicos (Bermeo et al., 2017). Tiene como objetivo reducir los niveles de DBO, DQO y sólidos disueltos, empleando microorganismos que transforman la materia orgánica (De la Vega, 2012).

El tratamiento secundario es un proceso de tratamiento biológico utilizado para estabilizar los sólidos disueltos. Los microorganismos (bacterias) se alimentan de los sólidos orgánicos (alimentos) en las aguas residuales y convierten los compuestos orgánicos en una masa celular o biológica que luego puede eliminarse (Sepúlveda y Sierra, 2017).

Figura 8

Tipos de tratamientos secundarios para aguas residuales



Fuente: De la Vega, 2012

2.2.7.3. Tratamientos terciarios

Estos tratamientos complementan los tratamientos anteriores con la finalidad de que el efluente sea más puro, posean menos carga contaminante y sobre todo se pueda reutilizar, ya sea en recreación, riego, o recarga de acuíferos, entre otros (Rojas, 2002).

2.2.8. Unidades Básicas de Saneamiento

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) menciona que una unidad básica de saneamiento (UBS) está conformada por un conjunto de componentes que brindan acceso al saneamiento de excretas y agua potable para una vivienda, estas pueden ser letrinas o módulos sin o con arrastre hidráulico. Cabe señalar que este sistema cuenta con

dispositivos para el tratamiento primario de las aguas servidas; el fin de este tratamiento es separar el material de sólidos del líquido.

Además, el Banco Mundial (BM, 2012) señalan que son construcciones de bloques de cemento o ladrillos con dimensiones aproximadas de 1,8 m de largo por 1,3 m de ancho y de 1,9 m a 2,05 m de altura, estas construcciones poseen un sistema de arrastre hidráulico, con conexiones de pozos sépticos para tratar las aguas residuales.

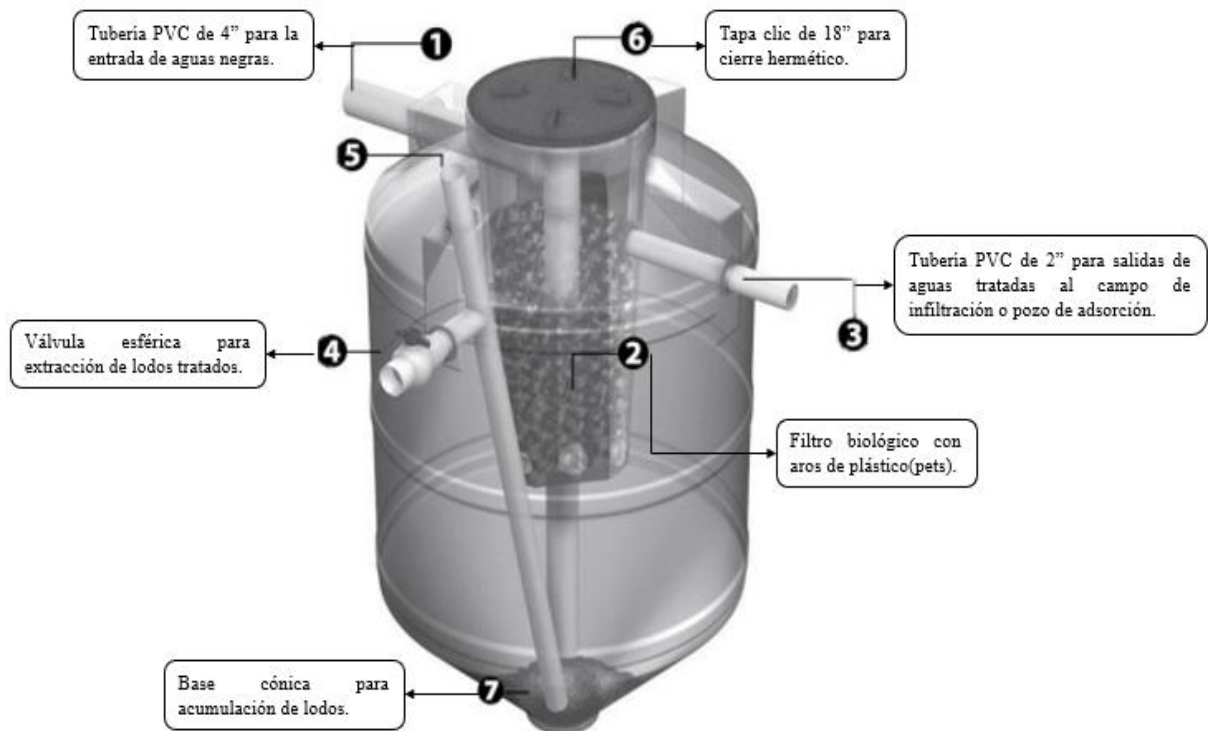
2.2.9. Biodigestores

Es un sistema utilizado para tratar aguas residuales domésticas, este tratamiento primario separa los sólidos de los líquidos. El biodigestor es un tanque de polietileno impermeable y hermético que permite la descomposición de la materia orgánica presente en el agua (Menendez, 2021). El sistema es impermeable, las aguas residuales tratadas no tienen contacto con el suelo, requiere poco espacio para su instalación y, según el fabricante, garantiza eliminar hasta el 80% de los contaminantes (Tomas et al., 2021).

Los biodigestores son instalados en zonas rurales que no cuenten con acceso a alcantarillado, debido a que degrada la materia orgánica mediante digestión anaeróbica; es decir, las bacterias descomponen la materia orgánica biodegradable sin presencia de oxígeno, por lo tanto, con este proceso se reduce el contenido de nutrientes, y materia orgánica, reduce o elimina los malos olores (Rotoplas, 2018).

Figura 9

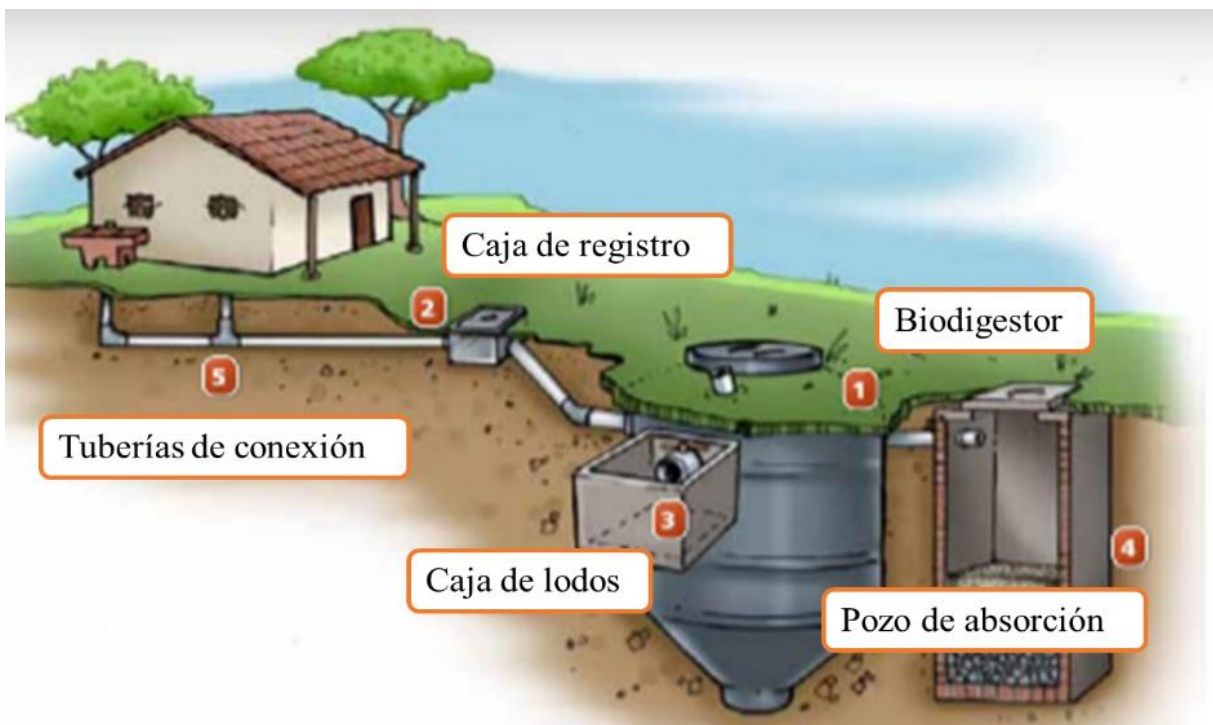
Componentes del biodigestor



Fuente: Rotoplas, 2018

Figura 10

Componentes de la instalación del biodigestor



Fuente: Global Nature Fund, 2017.

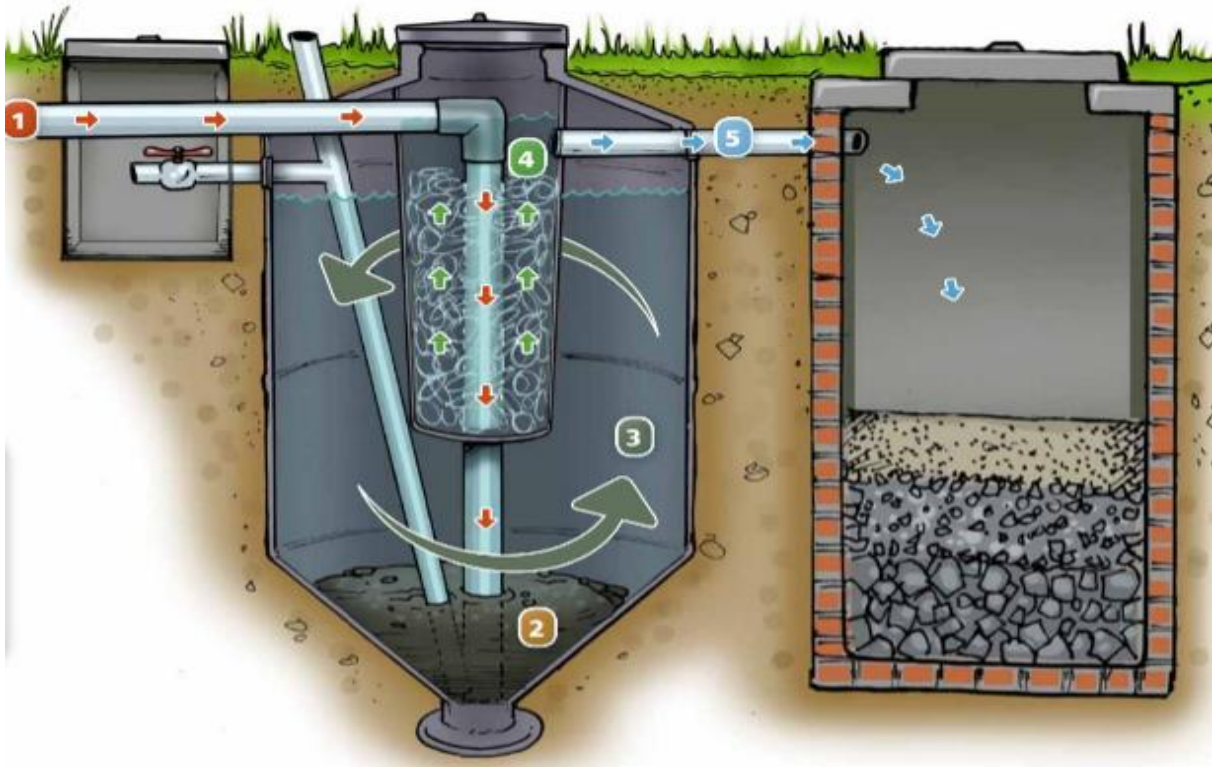
2.2.10. Funcionamiento del biodigestor

Según Domínguez y Rojas (2019) el biodigestor funciona de acuerdo a los siguientes pasos:

- Las aguas negras que salen del inodoro y van por el tubo de entrada hasta el inferior del biodigestor (1).
- Los sólidos se sedimentan en el fondo del biodigestor, formando lodos y es ahí donde se produce la digestión anaeróbica (2).
- La grasa o aceite contenidas en el agua residual, flotan en la superficie del biodigestor, aquí las bacterias las descomponen formando gases, lodo espeso o líquido. El lodo desciende al inferior del biodigestor y el líquido asciende hasta el orificio de salida (3).
- Las bacterias que se encuentran fijadas en los aros de los plásticos PET, mejoran el filtrado y tratamiento reteniendo los sólidos ligeros que llegan a estos (4).
- El agua tratada es expulsada por el tubo de salida hacia un humedal artificial, pozo o campo de absorción (5).

Figura 11

Pasos del funcionamiento del biodigestor



Fuente: Global Nature Fund, 2017.

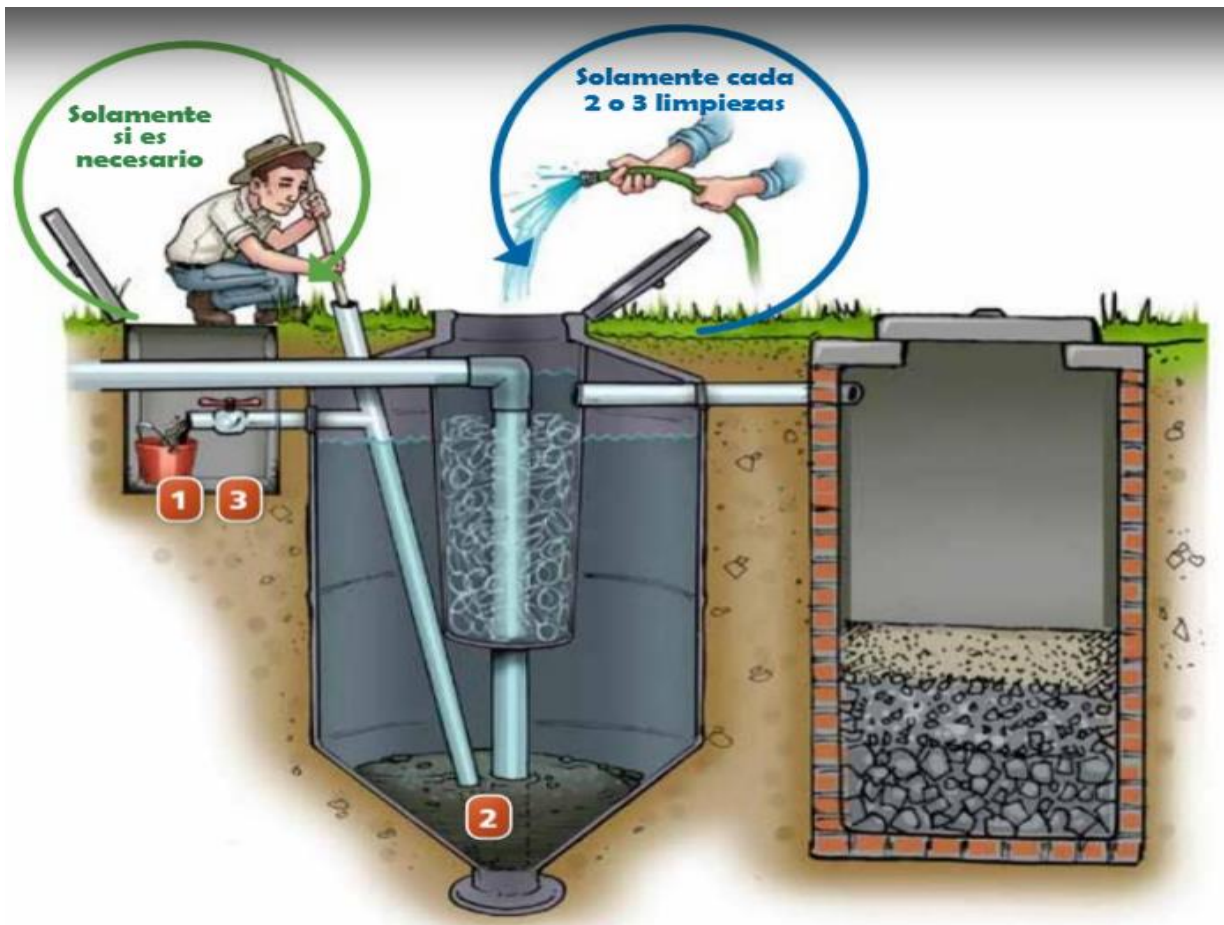
2.2.11. Extracción de lodos

La extracción de lodos es de suma importancia para la buena circulación del agua; para ello se debe abrir la llave de paso que se encuentra en la parte superior izquierda del biodigestor. El lodo saldrá por ese conducto sin olor, sin embargo, si la extracción se hace dificultosa, lo más probable es que la tubería se halla obstruido, para ello se debe introducir un palo o tubo de acero para hacer la limpieza como se observa en la figura 6 (Domínguez y Rojas, 2019).

Es recomendable que la primera extracción de lodos se realice al año de haber puesto en funcionamiento el biodigestor y en época de verano, las extracciones posteriores dependerán de la cantidad que se retire en la primera extracción, este puede ser entre 10 y 30 meses posteriores.

Figura 12

Extracción de lodos



Fuente: Global Nature Fund, 2017

2.2.12. Límites Máximos Permisibles (LMP)

Según el Decreto Supremo 003-2010-MINAM, el LMP es la medición de la concentración de parámetros físico-químicos y biológicos que caracterizan una emisión y que al ser superada, causa daños a la salud, el bienestar humano y el medio ambiente. Los LMP definen la calidad de los efluentes de la PTAR.

El Decreto Supremo 003-2010-MINAM aprueba los siguientes límites máximos permisibles de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

Tabla 1*Límites máximos permisibles*

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg L ⁻¹	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10 000
DBO	mg L ⁻¹	100
DQO	mg L ⁻¹	200
pH	Unidad	6,5 – 8,5
SST	mg L ⁻¹	150
Temperatura	°C	menor a 35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

2.3. Marco conceptual**2.3.1. Saneamiento básico**

Es un conjunto de procesos que dan acceso de calidad a un servicio de agua y desagüe permitiendo a las personas vivir en un ambiente sano y saludable, genera bienestar en los seres humanos dando parte al desarrollo social y económico (OMS, 2022).

2.3.2. Agua residual

Es aquella agua que ha sufrido modificaciones en sus características fisicoquímicas y bacteriológicas mediante intervención antrópica y por sus propiedades es necesario aplicar un tratamiento antes de volver a verter en el ambiente (OEFA, 2014).

2.3.3. Parámetros físicos - químicos

Dentro de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales se encuentra la conductividad, turbiedad, pH, DBO, DQO, entre otras. Estas determinan la calidad o el grado de contaminación de agua (Frías y Montilla, 2016). Según Samboni et al. (2007) establecen que los parámetros físicos tienen que ser analizados más rápido.

2.3.4. Parámetros bacteriológicos

Son parámetros que determinan el contenido microbiano o elementos biológicos del agua, dentro de estos encontramos a los diferentes coliformes, *Escherichia coli*, entre otros que

son adquiridos cuando el agua hace contacto con sustancias contaminantes como las heces humanas (Ríos, Agudelo y Gutiérrez).

2.3.5. Tratamiento de agua residual

Es una serie de procesos físicos, químicos y microbiológicos aplicados a las aguas que han sido contaminadas por el ser humano, el tratamiento se realiza con la finalidad de extraer los contaminantes para luego ser vertida nuevamente en el ambiente (D.S N° 003-2010-MINAM)

2.3.6. Biodigestor

Es un sistema utilizado para el tratamiento de aguas residuales domésticas, tiene como principal característica la concentración de carga microbiana que degrada el material contaminante en tanques de volúmenes pequeños. Es un sistema muy económico que ocupa poco espacio a diferencia de los procesos convencionales (Chávez et al., 2007).

2.4. Hipótesis

La eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO y SST de los biodigestores instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha es mayor al 50%.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
¿Cuál es la eficiencia de remoción de la DBO ₅ , DQO y SST de los biodigestores instalados en la comunidad de Cabracancha, Chota 2022?	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO y SST de los biodigestores instalados en la comunidad de Cabracancha, Chota 2022. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la concentración de la DBO₅, DQO y SST al ingreso del biodigestor. Determinar la concentración de la DBO₅, DQO y SST a la salida del biodigestor. Comparar las concentraciones de la DBO₅, DQO y SST a la salida del biodigestor con los LMP correspondientes. 	La eficiencia de remoción de la DBO ₅ , DQO y SST de los biodigestores instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha es mayor al 50%.	<p>Variable independiente: Biodigestores</p>	Capacidad	1
			<p>Variable dependiente: Eficiencia de remoción</p>	DBO ₅	mg L ⁻¹
				DQO	mg L ⁻¹
				SST	mg L ⁻¹

Capítulo III

Marco metodológico

3.1. Ubicación

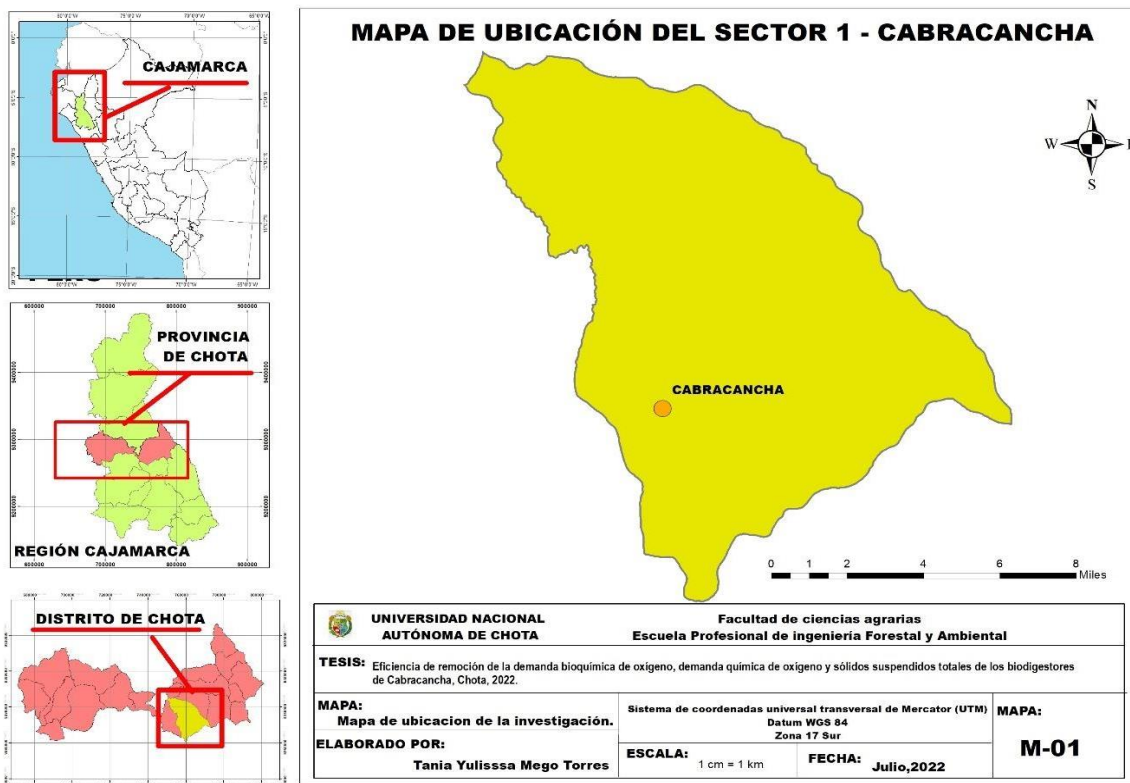
El centro poblado de Cabracancha y sus sectores están ubicados a 15 minutos del distrito de Chota, el clima es frío con épocas de intensas lluvias (diciembre-abril). Presenta zonas semiaccidentadas, la población se dedica a la ganadería, agricultura y crianza de animales menores en pequeña escala (Municipalidad Provincial de Chota, 2015).

3.1.1. Condiciones ambientales

En la comunidad de Cabracancha predomina un suelo arcilloso de baja a media plasticidad y una capacidad de percolación promedio de $10,5 \text{ min cm}^{-1}$. Según la clasificación de las Regiones Naturales del Perú por parte del Dr. Javier Pulgar Vidal, se encuentra en la Región Quechua.

Figura 13

Mapa de ubicación del Sector uno- Cabracancha



3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo cuantitativo – descriptivo debido a que se siguieron procedimientos ordenados para la recolección, análisis y procesamiento de datos con el fin de describir y caracterizar el objeto de estudio. Según Rivas (2017), las investigaciones descriptivas sirven de base para la toma de decisiones administrativas y de gestión, por lo tanto, se realizan análisis de datos y de la información recabada.

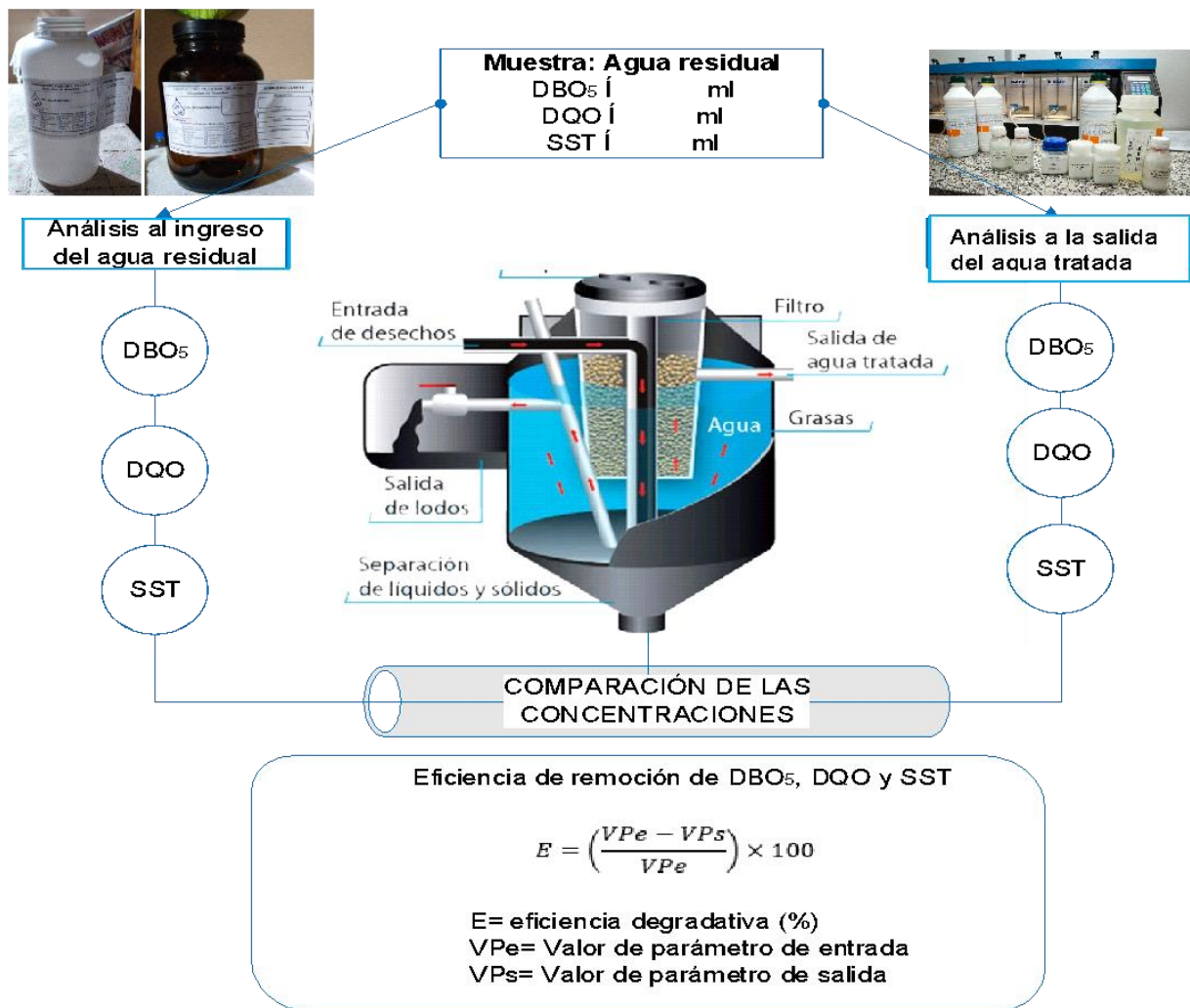
Asimismo, el nivel de investigación fue de tipo elemental. Luego de la observación y descripción de las variables se analizó la correlación entre estas. Según Ríos (2005), citado por Condori (2020), en el nivel simple o elemental el problema de investigación se analiza correlacionando las variables de dicha investigación.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental. Según Hernández, et al. (2014), en este tipo de estudios se recolecta información sin manipular las variables de estudio en un solo momento, para el desarrollo de esta investigación se realizaron muestras simples de agua residual antes y después de su tratamiento. Los resultados obtenidos fueron comparados con los LMP determinando la eficiencia en los biodigestores; este tipo de diseño permitió observar y describir el comportamiento de las variables de investigación.

Figura 14

Diseño de investigación



Para cumplir con este diseño de investigación se tomó en cuenta la metodología establecida en el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, aprobada con Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda; en este protocolo se establece el procedimiento, cantidad, preservantes y tipo de envase para la toma de muestras, así como también el etiquetado y la cadena de custodia.

3.2.1. Método de muestreo

El muestreo se realizó en el afluente (EB) y efluente (SB) de los biodigestores, se tuvo 6 puntos de monitoreo y en cada uno de ellos se tomó una muestra por cada parámetro (DBO₅, DQO y SST) (Ver Anexo N° 1, Figura 70 – Figura 72).

Tabla 3

Puntos de monitoreo

Puntos de monitoreo	Coordenadas UTM -WGS84		
	Norte	Este	Altura (msnm)
EB-01	9271636,26	759144,39	2 904
SB-01	9271638,9	759143,56	2 904
EB-02	9271639,42	759146,09	2 904
SB-02	9271640,0	759145,25	2 904
EB-03	9271783,91	759102,03	2 904
SB-03	9271787,79	759095,3	2 904

3.2.2. Frecuencia de monitoreo

Las muestras fueron tomadas una vez por semana durante los meses de enero y febrero, siendo la fecha del primer y último muestro el 23/01/2022 y 06/02/2022, respectivamente. Las muestras se recolectaron durante la mañana debido a la disponibilidad del propietario, además para contar con el tiempo suficiente para enviar las muestras hasta el laboratorio acreditado ALAB de la ciudad de Lima.

3.2.3. Parámetros monitoreados

Los parámetros que se evaluaron *in situ* fueron la temperatura y el pH, los parámetros *ex situ* fueron DBO₅, DQO y SST, el análisis de los parámetros *ex situ* fueron realizados en el laboratorio acreditado ALAB.

3.2.4. Toma de muestras, etiquetado y transporte

El muestreo se realizó en los 6 puntos de monitoreo en el afluente y efluente del biodigestor, la temperatura y pH de las muestras se midieron utilizando el multiparámetro. Las muestras para la DBO₅, DQO y SST se recolectaron en frascos de plásticos de 1 000 ml, 100 ml y 100 ml, respectivamente. Para la preservación de las muestras de DQO se les colocó ácido sulfúrico (H₂SO₄) (Ver Anexo N° 1, Figura 73 - Figura 75).

Tabla 4

Conservación de muestras

Parámetros	Conservación/preservación	Almacenamiento	Observación
pH	Análisis in situ	0,25 h	La botella se
T	Análisis in situ	0,25 h	llenó
DBO ₅	Refrigeración a ≤ 6 °C	48 h	completamente
DQO	Agregar H ₂ SO ₄	28 h	sin dejar
SST	Refrigeración de 2 °C a 6 °C	7 días	burujas.

Luego de la toma y etiquetado de las muestras se colocaron en un cooler, embalaron y fueron enviadas para su análisis en el laboratorio de la ciudad de Lima (Ver Anexo N° 1, Figura 76 y Figura 77).

3.4. Métodos de investigación

El método utilizado fue el analítico descriptivo debido a que primero se analizó las muestras para luego describirlas y procesar los datos.

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población estuvo constituida por 82 biodigestores que fueron instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha en el año 2017, por el Consorcio Los Andes.

3.5.2. Muestras

La muestra estuvo constituida por 3 biodigestores de 600 litros de capacidad instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha. Para la elección de estos biodigestores se tomó en cuenta las viviendas con mayor cantidad de integrantes, la estadía permanente de los

integrantes de la familia en la vivienda y la disponibilidad del propietario para autorizar la toma de muestras del agua residual.

Durante la investigación se tomaron 18 muestras, las cuales fueron recolectadas en el afluente y efluente de cada biodigestor.

Tabla 5

Ubicación de los biodigestores

N°	N° integrantes		Coordenadas		
	Min	Max	Norte	Este	Altura (msnm)
B1	2	6	9271636,26	759144,39	2 904
B2	2	5	9271639,42	759146,09	2 904
B3	3	5	9271783,91	759102,03	2 904

3.5.3. Muestreo

El muestro fue no probabilístico por conveniencia, es decir, las muestras se eligieron de acuerdo con el propósito de la investigación y teniendo en cuenta la disponibilidad del poblador para colaborar con esta investigación, debido a que por el temor a contagiarse por la COVID 19 algunos pobladores no autorizaban la toma de muestras de agua residual en sus viviendas.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas empleadas para la recolección de datos fue la observación, para ello se utilizó fichas de registro (cadena de custodia) como instrumento de recolección de datos (Ver anexo N° 2).

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos se empleó la estadística descriptiva. Se procesaron los datos mediante tablas y gráficas utilizando el programa estadístico Microsoft Excel. Asimismo, se realizó la prueba de normalidad de los datos utilizando el programa estadístico RStudio.

Cabe señalar que se analizó la relación entre los parámetros evaluados mediante el coeficiente de correlación R de Pearson; se utilizó este tipo de correlación debido a que los

resultados obtenidos presentan distribución normal y según Schober et al. (2018) “El coeficiente de correlación de Pearson se utiliza para datos que posean una distribución normal”.

3.8. Aspectos éticos

La presente investigación se desarrolló considerando los aspectos éticos siguientes:

- **Integridad.** Se realizó la coordinación previa con los propietarios de los hogares, los cuales dieron su consentimiento para el desarrollo de la toma de muestras, con el compromiso de utilizar los datos sólo para temas de investigación.
- **Confiabilidad y autenticidad.** Las muestras fueron tomadas personalmente y cumpliendo con los protocolos establecidos, el análisis se realizó en la ciudad de Lima, en el laboratorio ALAB E.I.R.L, el cual está debidamente acreditado por el Organismo de Acreditación INACAL – DA, con registro N° LE – 096.
- **Originalidad.** La información recopilada que ha sido útil para el desarrollo de la tesis ha sido extraída de fuentes confiables y se ha utilizado de acuerdo con lo estipulado en las normas APA.

Capítulo IV

Resultados y discusiones

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos luego de haber realizado la toma de muestras en el afluente y efluente de los 3 biodigestores instalados en el sector uno de la comunidad de Cabracancha y su comparación con los LMP, aprobados mediante el Decreto Supremo 003-2010-MINAM.

4.1.Descripción de resultado

4.1.1. Resultados de las concentraciones de temperatura, pH, DBO, DQO y SST en el afluente (entrada al biodigestor)

4.1.1.1.Temperatura

La temperatura promedio en el afluente del primer biodigestor fue de 17,23 °C; el segundo biodigestor presentó una temperatura promedio de 16,76 °C; mientras que el tercer biodigestor tuvo una temperatura de 16,22 °C; esta última es la más baja de los tres biodigestores.

Tabla 6

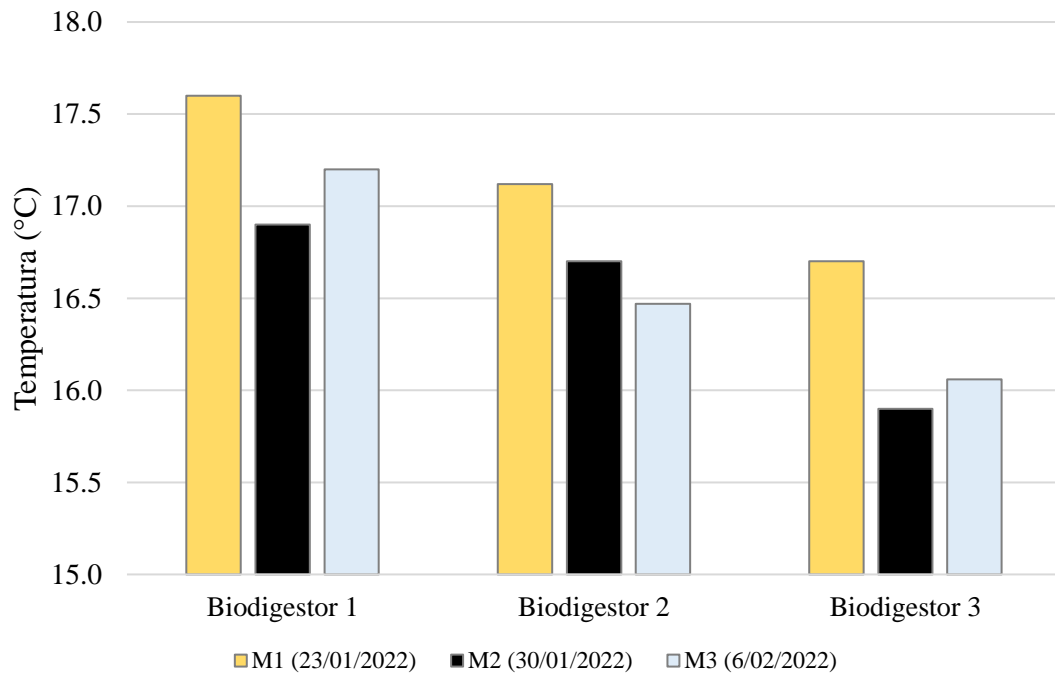
Promedios de temperaturas (°C) en el afluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	17,6	17,12	16,7
M2 (30/01/2022)	16,9	16,7	15,9
M3 (6/02/2022)	17,2	16,47	16,06
Promedio	17,23	16,76	16,22
Promedio Total	16,85		

En la figura 15 se observa que las temperaturas oscilan entre 16,06 °C y 17,12 °C, siendo las más altas las del primer biodigestor en los tres monitoreos.

Figura 15

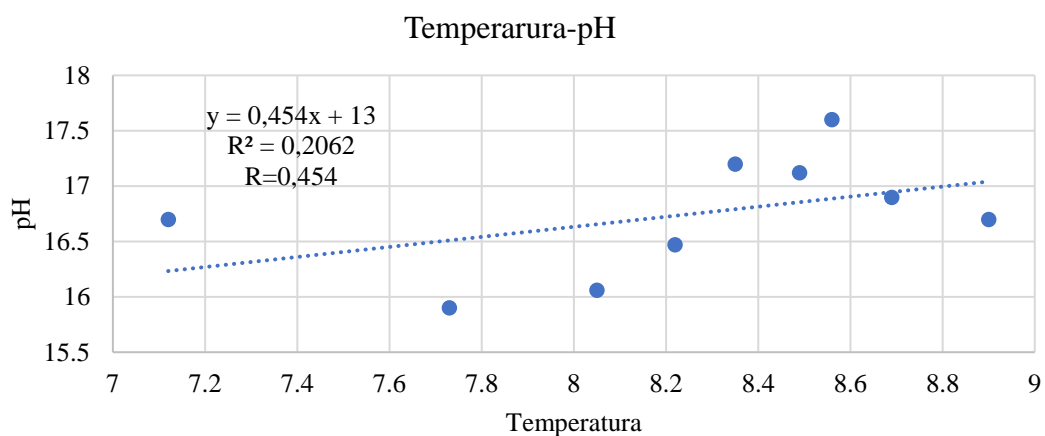
Temperatura (°C) en el afluente de los biodigestores monitoreados



Además, se realizó el análisis de la relación que existe entre cada uno de los parámetros evaluados utilizando la correlación de Pearson. En la figura 16 se muestra que el coeficiente de correlación (R) entre la temperatura y pH es de 0,454; lo que significa que es directa positiva moderada, es decir, mientras que la temperatura aumenta el valor del pH también aumenta. Los puntos dispersos en función a la línea de tendencia y la correlación moderada determinan que la ecuación modelo no puede ser utilizada para la proyección de datos entre la temperatura y el pH.

Figura 16

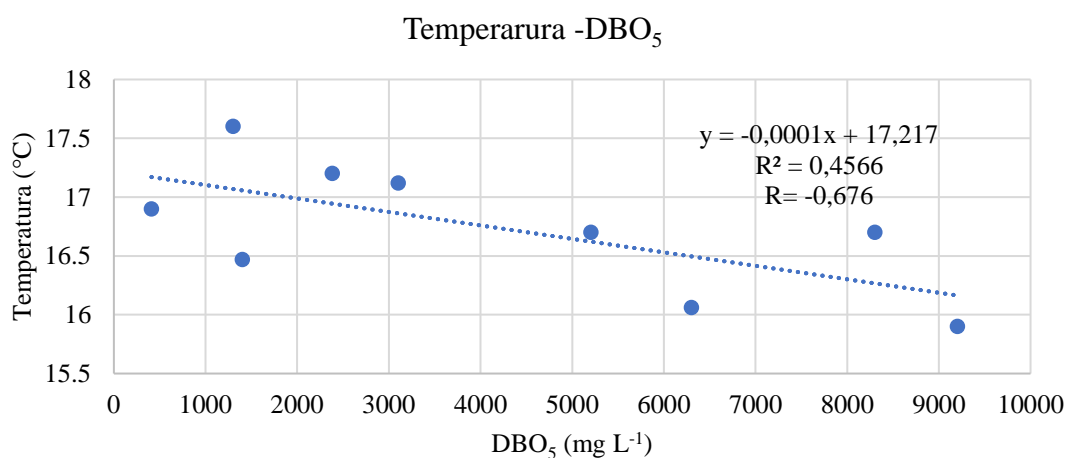
Correlación entre la Temperatura y el pH en el afluente del biodigestor



En la figura 17 se observa que el coeficiente de correlación (R) entre la temperatura y la DBO₅ es de -0,676; lo que significa que es inversa alta, es decir, mientras que la temperatura aumenta, la DBO₅ disminuye. La dispersión de los puntos en función a la línea de tendencia y la correlación alta, determinan que sí es recomendable utilizar la ecuación modelo para la proyección de los datos entre la temperatura y la DBO₅.

Figura 17

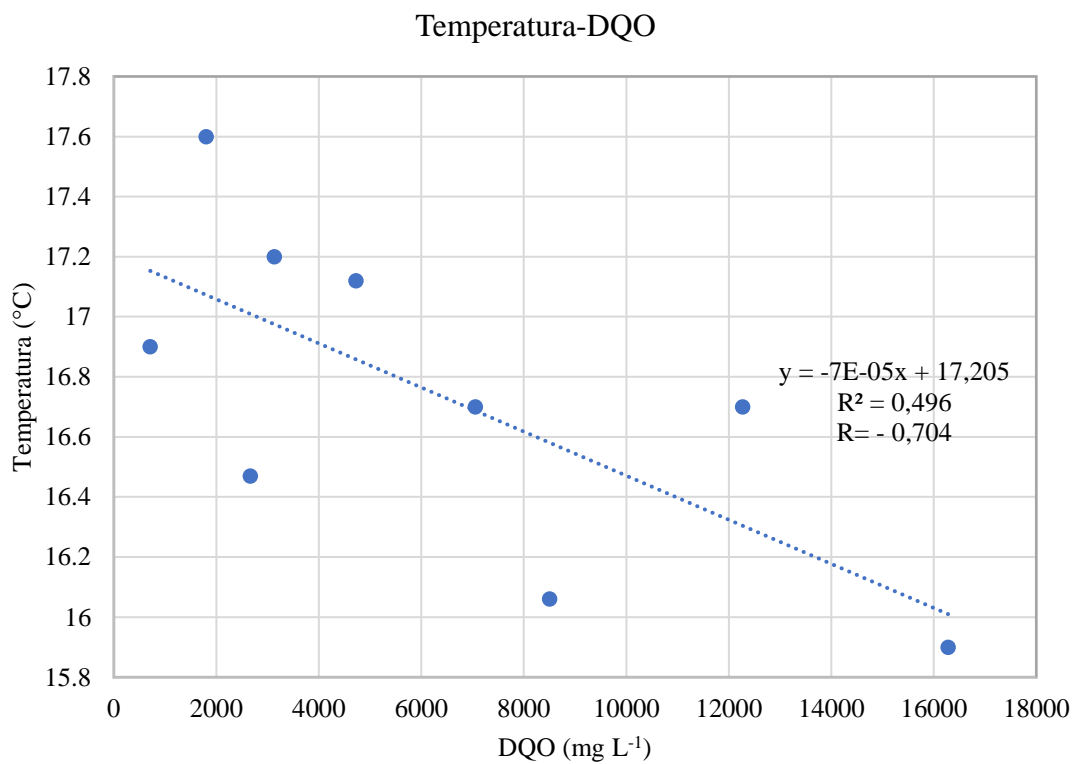
Correlación de la temperatura y la DBO₅ en el afluente del biodigestor



La figura 18 muestra un coeficiente de correlación (R) entre la temperatura y la DQO de -0,704; lo que indica que es inversa alta, es decir, mientras que la temperatura aumenta la DQO disminuye. Los puntos dispersos en función a la línea de tendencia y la correlación alta determinan que la ecuación modelo si puede utilizarse para la proyección de temperatura y DQO.

Figura 18

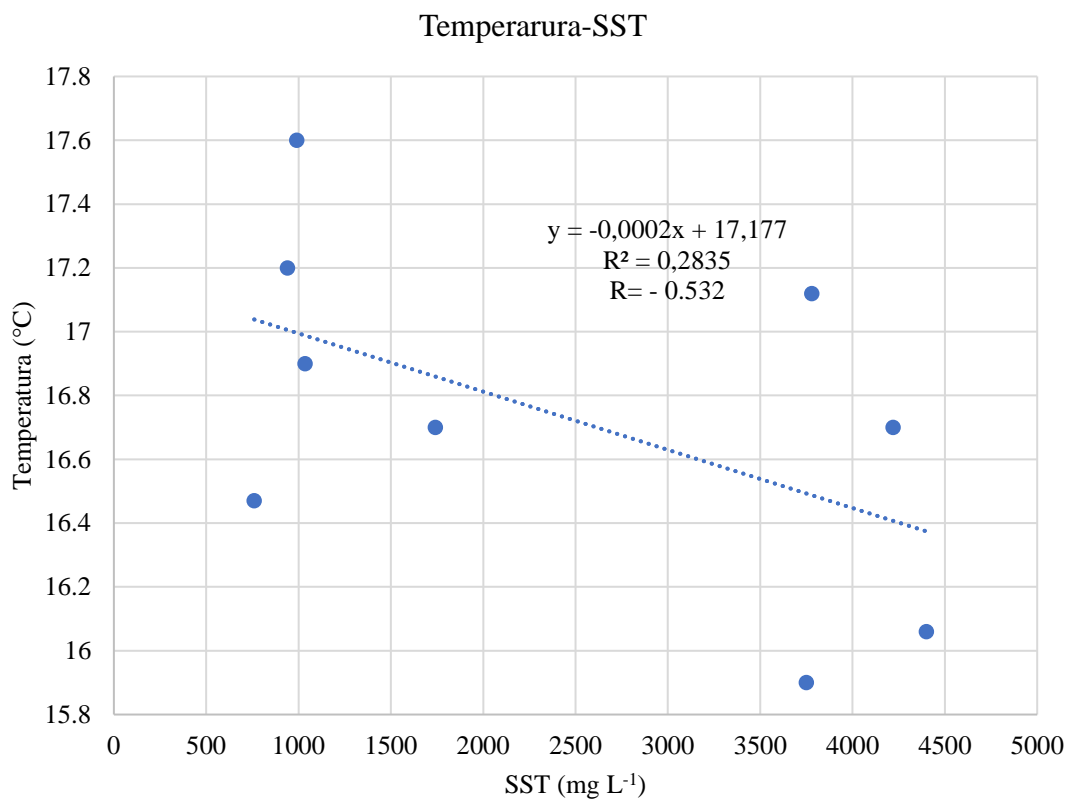
Correlación entre la temperatura y la DQO en el afluente del biodigestor



El coeficiente de correlación entre la temperatura y los SST es de -0,532; tal como lo muestra la figura 19, este valor indica que es inversamente moderada, es decir, a mayor temperatura, menor SST. Además, la dispersión de los puntos en función a la línea de tendencia, determinan que la ecuación modelo no puede ser utilizada para proyectar los datos de temperatura y SST.

Figura 19

Correlación entre la temperatura y SST en el afluente del biodigestor



4.1.1.2.pH

El pH promedio del afluente en el primer biodigestor fue de 8,53. Para el segundo biodigestor se obtuvo un pH promedio de 8,54 y el pH promedio del tercer biodigestor fue de 7,63.

Tabla 7

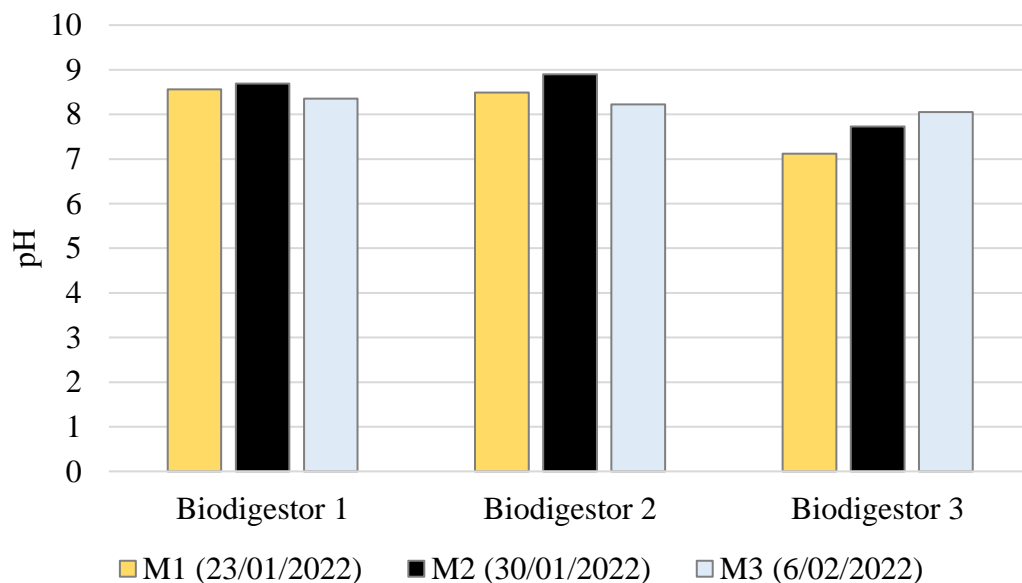
Promedios de pH en el afluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	8,56	8,49	7,12
M2 (30/01/2022)	8,69	8,9	7,73
M3 (6/02/2022)	8,35	8,22	8,05
Promedio	8,53	8,54	7,63
Promedio total	8,23		

Como se puede observar en la figura 20 el afluente del segundo biodigestor es el que presenta mayor valor de pH. Además, durante los tres monitoreos realizados los valores de pH obtenidos oscilan entre 7,12 y 8,69.

Figura 20

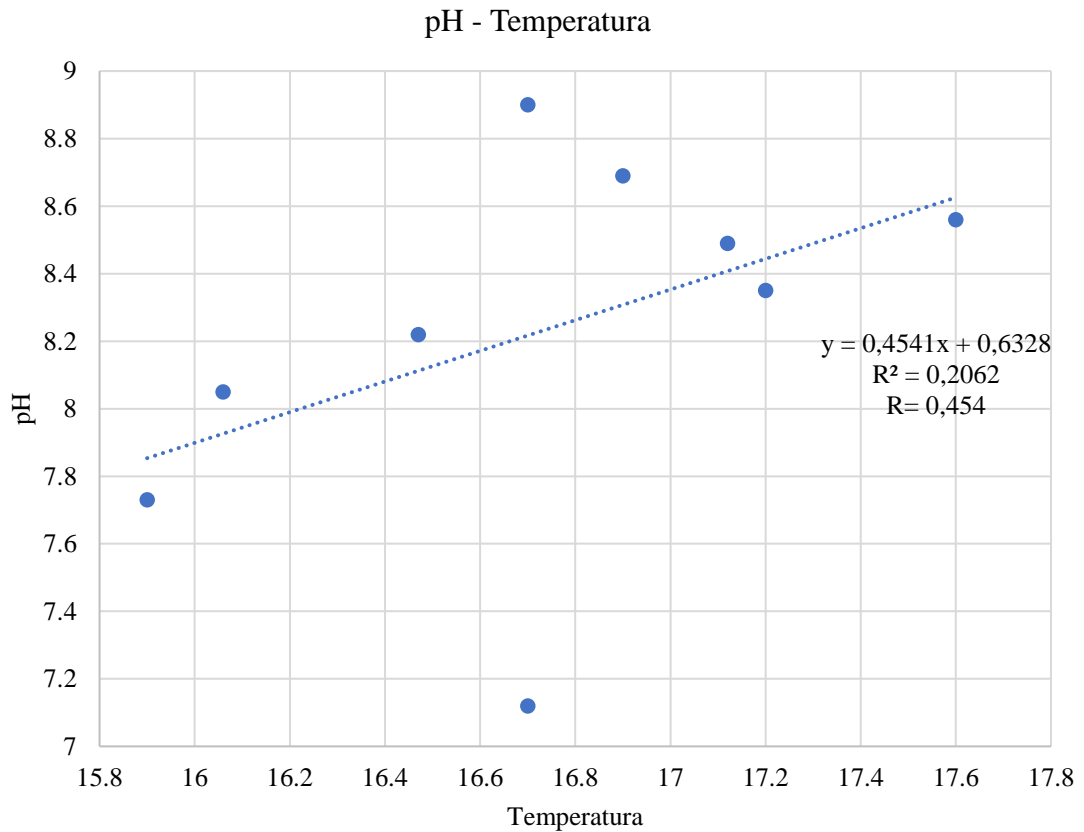
pH en el afluente de los biodigestores monitoreados



El coeficiente de correlación (R) del pH y la temperatura es de 0,454; tal como se muestra en la figura 21, este valor indica que es directamente moderada, es decir, cuando los valores de pH aumentan, los valores de temperatura también tienden a subir. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación moderada definen que, la ecuación modelo no pueda ser utilizada para realizar proyecciones de pH y temperatura.

Figura 21

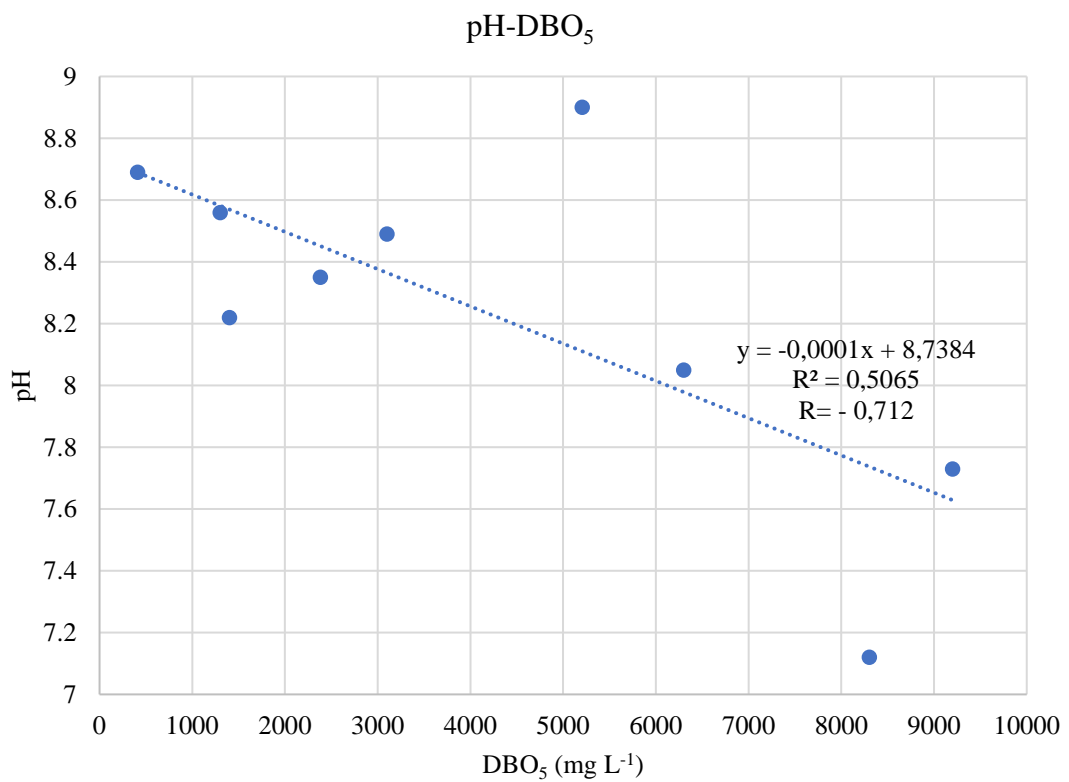
Correlación del pH y la temperatura en el afluente del biodigestor



La figura 22 tiene como coeficiente de correlación (R) entre el pH y la DBO₅, el valor de -0,712; lo cual indica que es inversa moderada, es decir, mientras que el pH aumenta la DBO₅ disminuye. Los puntos dispersos respecto a la línea de tendencia y la correlación alta determinan que, la ecuación modelo si puede utilizarse para hacer proyecciones de pH y DBO₅.

Figura 22

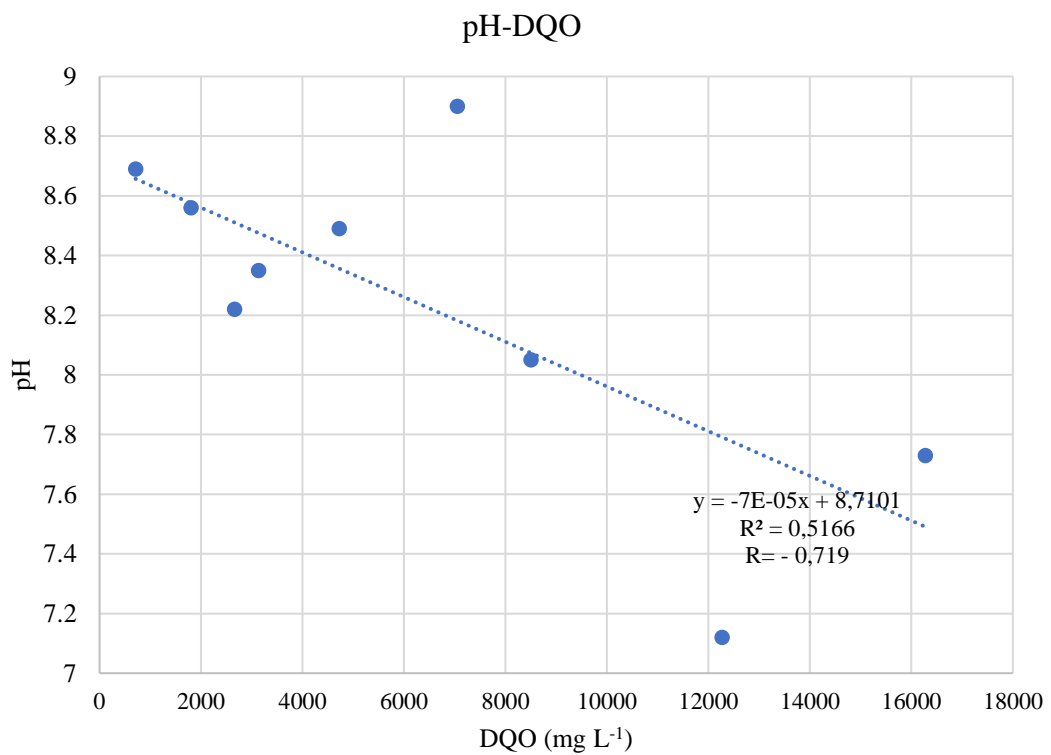
Correlación del pH y la DBO₅ en el afluente del biodigestor



En la figura 23 el coeficiente de correlación (R) entre el pH y la DQO tiene un valor de -0,719; esto indica que es inversa alta, es decir, al haber un aumento en el pH, los valores de la DQO disminuyen. Los puntos dispersos respecto a la línea de tendencia y la correlación alta determinan que, la ecuación modelo si puede utilizarse para realizar proyecciones de pH y DQO.

Figura 23

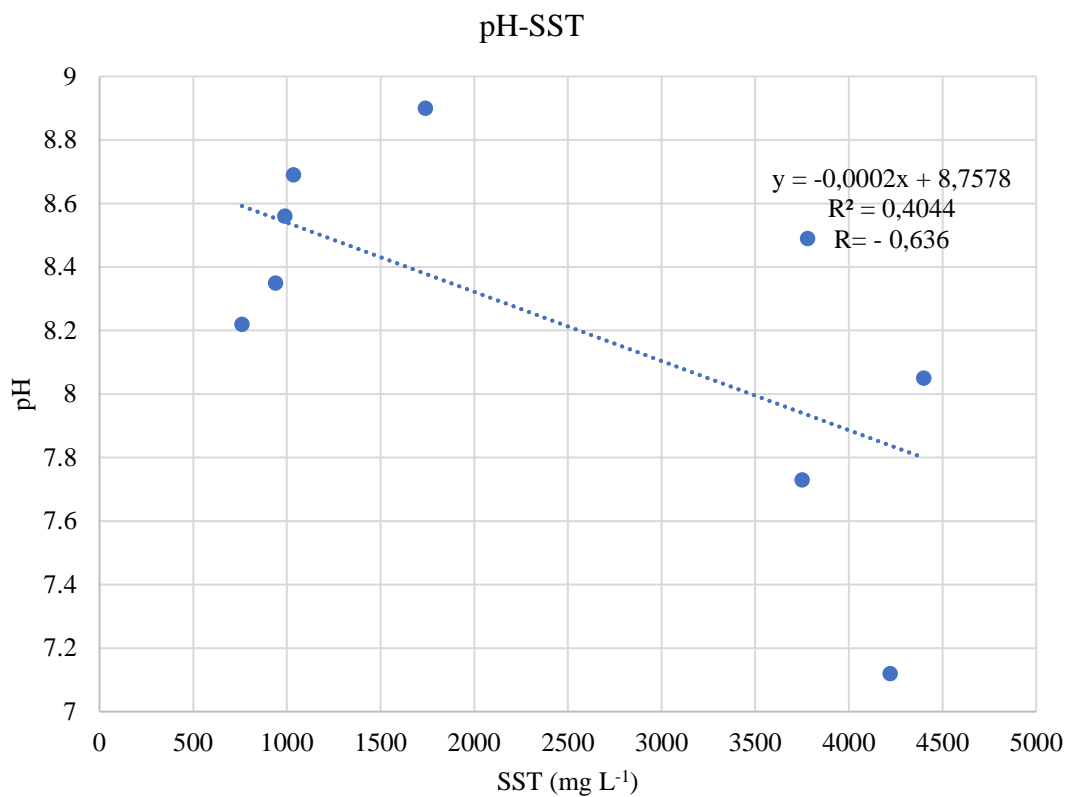
Correlación del pH y la DQO en el afluente del biodigestor



En la figura 24 el coeficiente de correlación (R) entre el pH y SST es de -0,636; esto significa que es inversamente moderada, es decir, cuando aumenta los valores de pH, los valores de SST tienden a disminuir. Los puntos dispersos alrededor de la línea de tendencia y la correlación alta determinan que la ecuación modelo si puede utilizarse para realizar proyecciones de pH y SST.

Figura 24

Correlación del pH y los SST en el afluente del biodigestor



4.1.1.3.DBO₅

La concentración de DBO₅ promedio del primer biodigestor en el afluente fue de 1 364,07 mg L⁻¹. En el segundo biodigestor se obtuvo 3 236, 17 mg L⁻¹ y para el tercer biodigestor fue de 7 934,67 mg L⁻¹.

Tabla 8

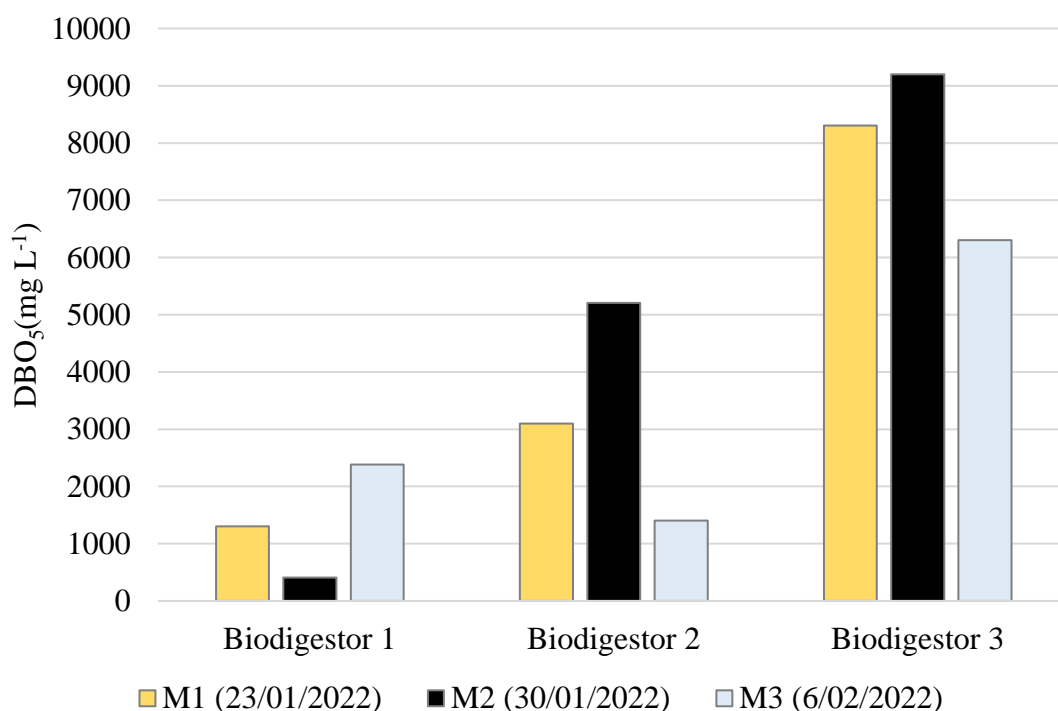
Promedio de las concentraciones de la DBO₅ (mg L⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	1 301,3	3 101	8 303
M2 (30/01/2022)	410,1	5 205	9 201
M3 (6/02/2022)	2 380,8	1 402,5	6 300
Promedio	1 364,07	3 236,17	7 934,67
Promedio Total	4 178,30		

De los tres biodigestores el tercero es el que presenta mayores concentraciones de DBO₅ en el afluente, como se observa en la figura 25 estos valores en los tres biodigestores oscilan entre 1 000 mg L⁻¹ a 9 000 mg L⁻¹, siendo el primer biodigestor el que posee menores concentraciones en comparación con los otros biodigestores.

Figura 25

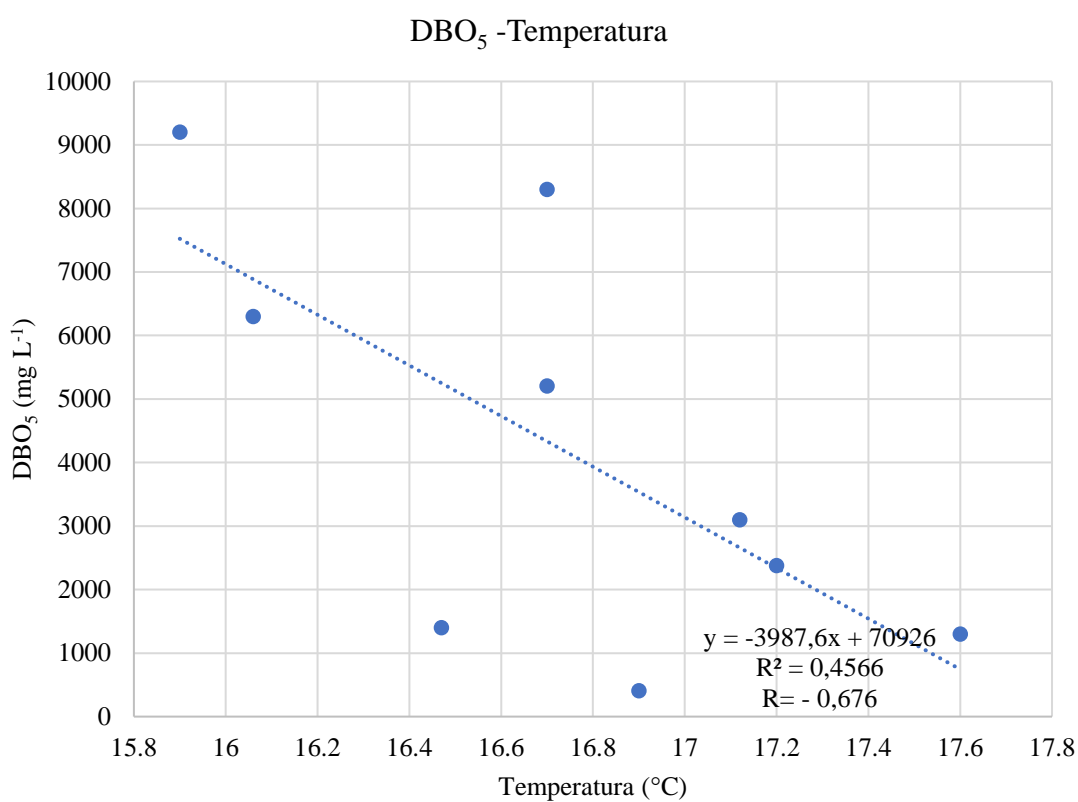
Concentraciones de la DBO₅ (mg L⁻¹) en el afluente de los biodigestores monitoreados



En la figura 26 se muestra el coeficiente de correlación (R) entre la DBO₅ y la temperatura, el cual tiene un valor de -0,636; esto quiere decir que es inversamente alta, por lo tanto, al aumentar la DBO₅, la temperatura disminuye. La dispersión de los puntos en función de la línea de tendencia y la correlación alta indican que, si se puede utilizar la ecuación modelo para realizar las proyecciones de DBO₅ y temperatura.

Figura 26

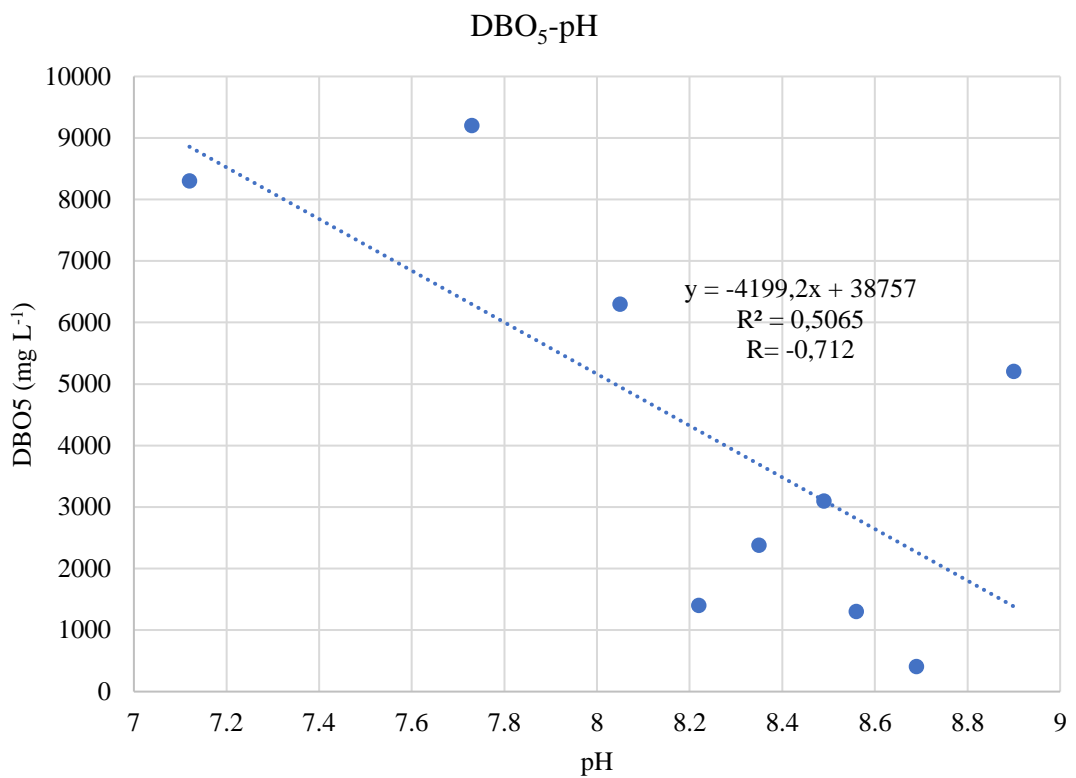
Correlación de la DBO₅ y la temperatura en el afluente del biodigestor



En la figura 27 el coeficiente de correlación (R) entre la DBO₅ y el pH es de -0,712; esto indica que es inversa moderada, es decir, cuando aumentan los valores de la DBO₅, los valores del pH disminuyen. Los puntos dispersos en función a la línea de tendencia y la correlación alta determinan que, la ecuación modelo si puede ser utilizada para proyectar datos de DBO₅ y pH.

Figura 27

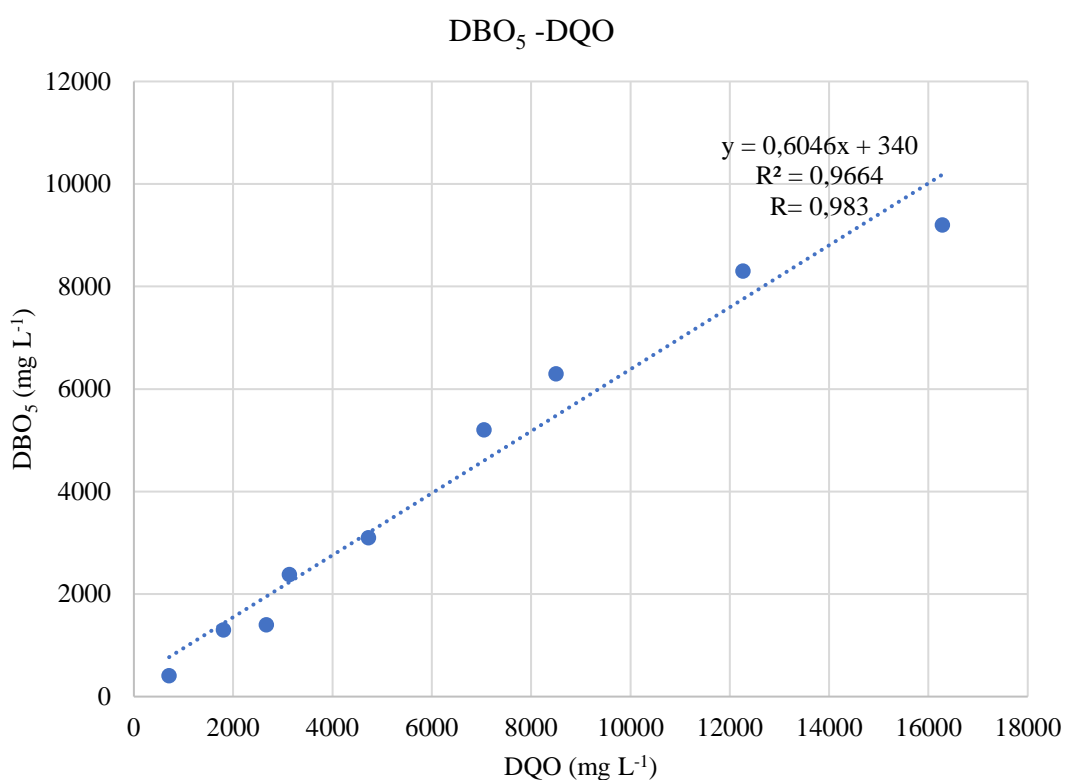
Correlación de la DBO₅ y el pH en el afluente del biodigestor



La figura 28 muestra el coeficiente de correlación (R) que es de 0,983; esto indica que es directa muy alta, es decir, mientras que los valores de la DBO₅ aumenten, los valores de la DQO también aumentan. Los puntos alineados alrededor de la línea de tendencia y la correlación muy alta determinan que, la ecuación modelo si puede ser utilizada para realizar proyecciones de DBO₅ y DQO.

Figura 28

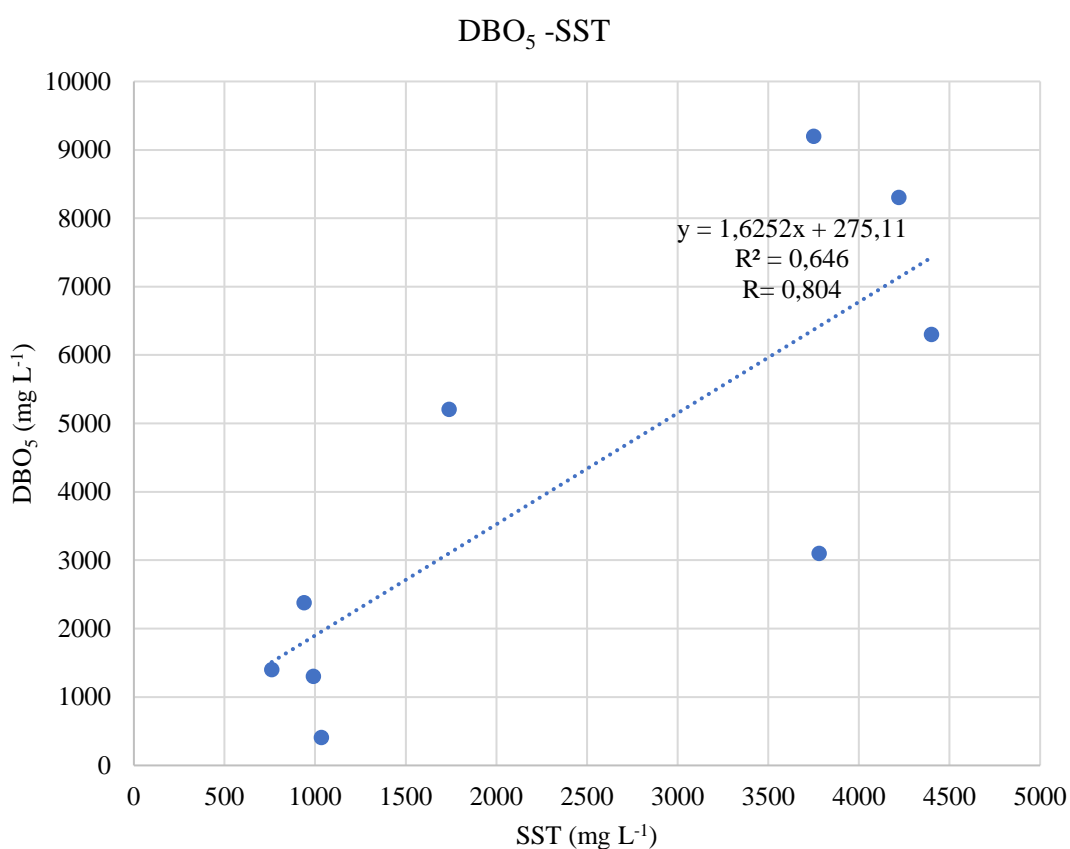
Correlación de la DBO₅ y la DQO en el afluente del biodigestor



En la figura 29 el coeficiente de correlación (R) entre la DBO₅ y los SST es de 0,804; esto significa que es directa muy alta, es decir, si los valores de la DBO₅ aumentan, entonces, los valores de los SST también aumentarán. Los puntos dispersos alrededor de la línea de tendencia y la correlación muy alta definen que, si se puede utilizar la ecuación modelo para realizar proyecciones de DBO₅ y SST.

Figura 29

Correlación de la DBO₅ y los SST en el afluente del biodigestor



4.1.1.4.DQO

En promedio el primer biodigestor tuvo una concentración de DQO en el afluente de 1 881,80 mg L⁻¹, en el segundo biodigestor fue de 4 814,43 mg L⁻¹ y el tercer biodigestor tuvo 12 349,6 mg L⁻¹.

Tabla 9

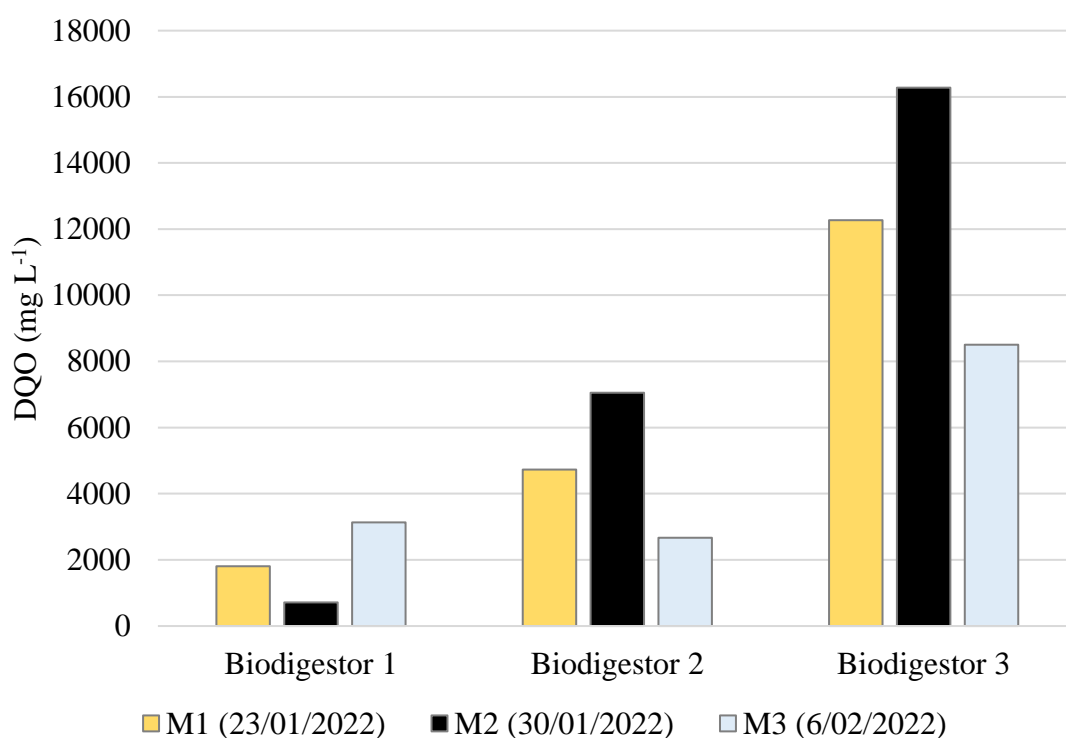
Promedio de las concentraciones de la DQO (mg L^{-1}) en el afluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	1 803,3	4 726,5	12 266,8
M2 (30/01/2022)	710	7 052,7	16 278,2
M3 (6/02/2022)	3 132,1	2 664,1	8 503,8
Promedio	1 881,8	4 814,43	12 349,6
Promedio Total	6 348, 61		

Como se observa en la figura 30 el primer biodigestor es el que presenta menos concentración de DQO (menos de 4 000 mg L^{-1}), sin embargo, el tercer biodigestor sobrepasa los 16 000 mg L^{-1} de DQO.

Figura 30

Concentraciones de la DQO (mg L^{-1}) en el afluente de los biodigestores monitoreados

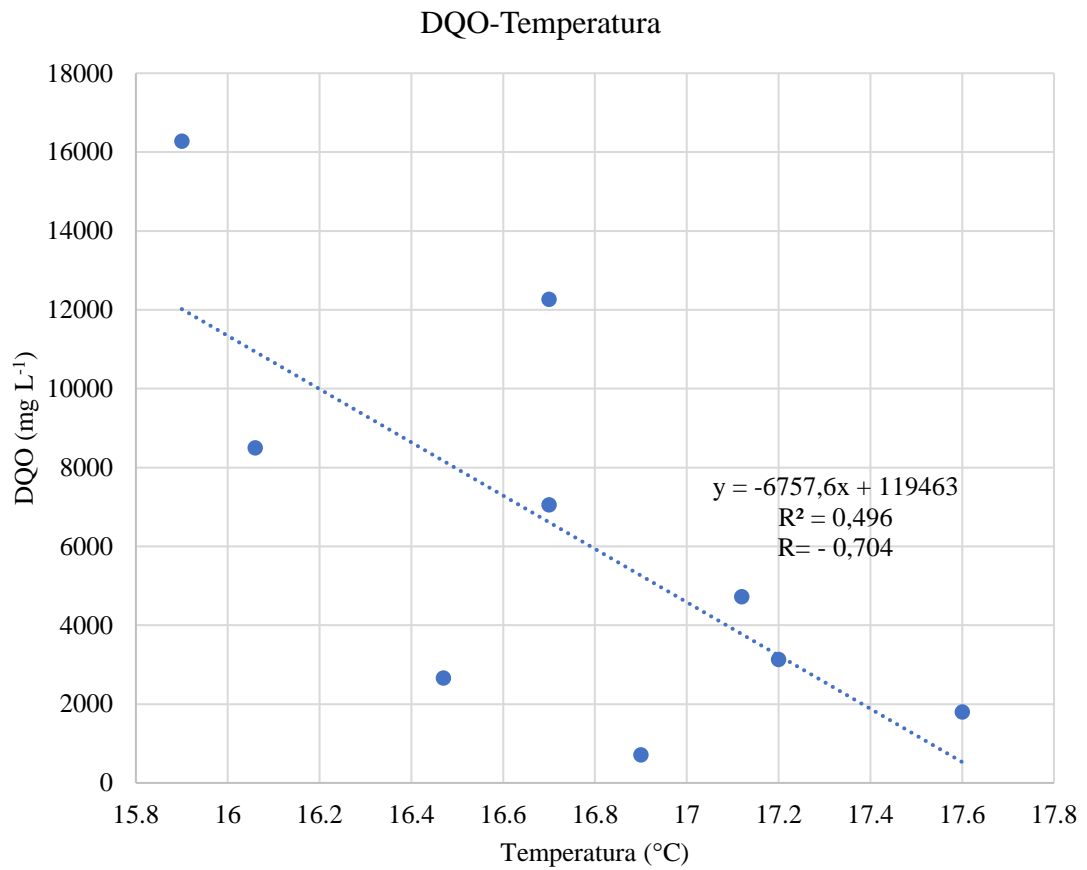


En la figura 31 el coeficiente de correlación (R) entre la DQO y la temperatura tiene un valor de -0,704; esto quiere decir que es inversa alta, es decir, si es que el valor

de la DQO aumenta, el valor de la temperatura disminuye. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de la tendencia y la correlación alta determinan que la ecuación modelo si puede ser utilizada para realizar proyecciones de DQO y temperatura.

Figura 31

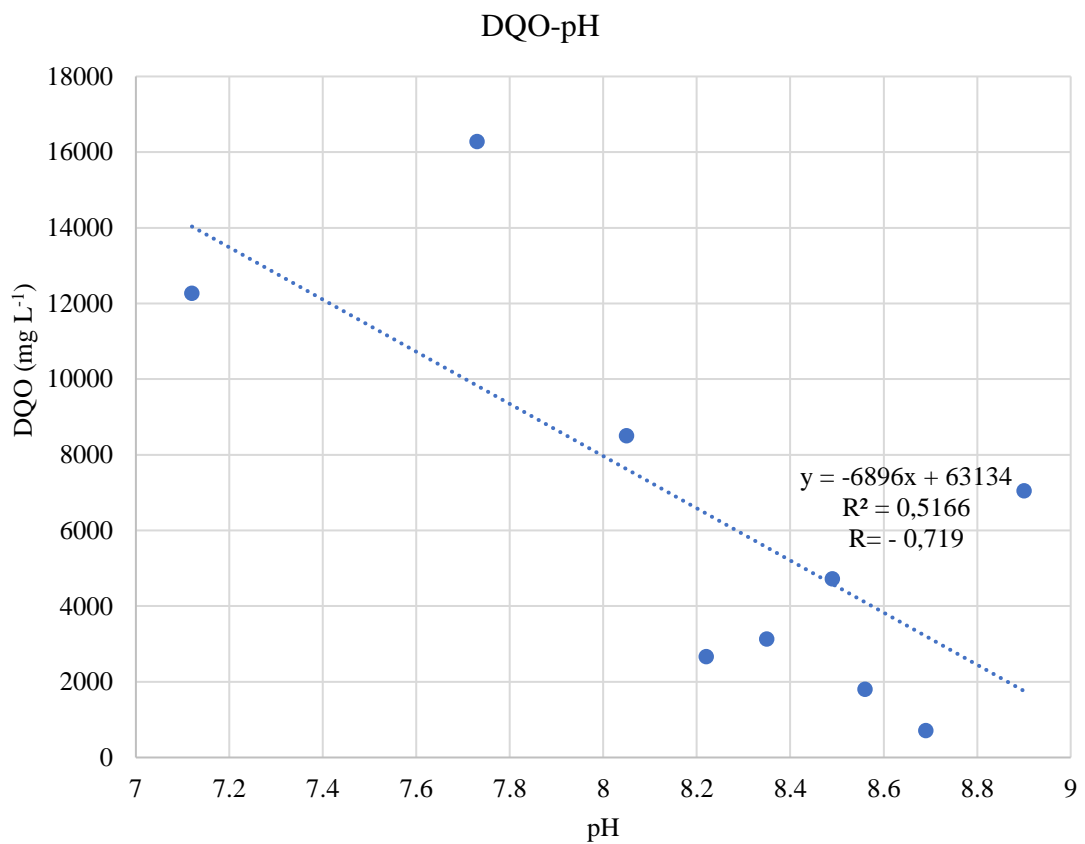
Correlación de la DQO y la temperatura en el afluente del biodigestor



En la figura 32 se observa que el coeficiente de la correlación (R) entre la DQO y el pH es de $-0,719$; por lo que se le considera inversa alta, esto indica que, si los valores de la DQO aumentan, los valores para la temperatura disminuyen. Los puntos dispersos sobre la línea de tendencia y la correlación alta definen que si se puede utilizar la ecuación modelo para realizar proyecciones de DQO y pH.

Figura 32

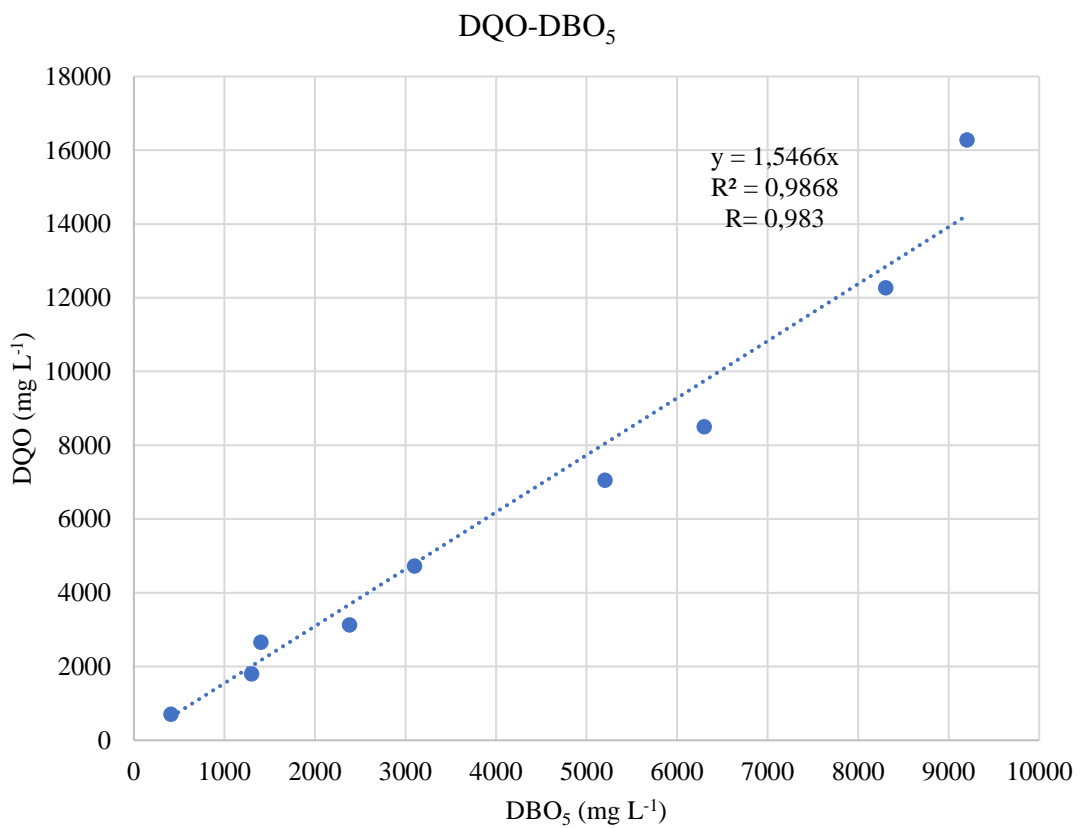
Correlación de la DQO y el pH en el afluente del biodigestor



En la figura 33 se observa un coeficiente de correlación (R) entre la DQO y DBO₅ de 0,983; esto significa que es directa muy alta, es decir, si la DQO aumenta, los valores de la DBO₅ también aumentarán. Los puntos alineados alrededor de la línea de tendencia y la correlación muy alta determinan que, la ecuación modelo si puede ser utilizada para realizar proyecciones de DQO y DBO₅.

Figura 33

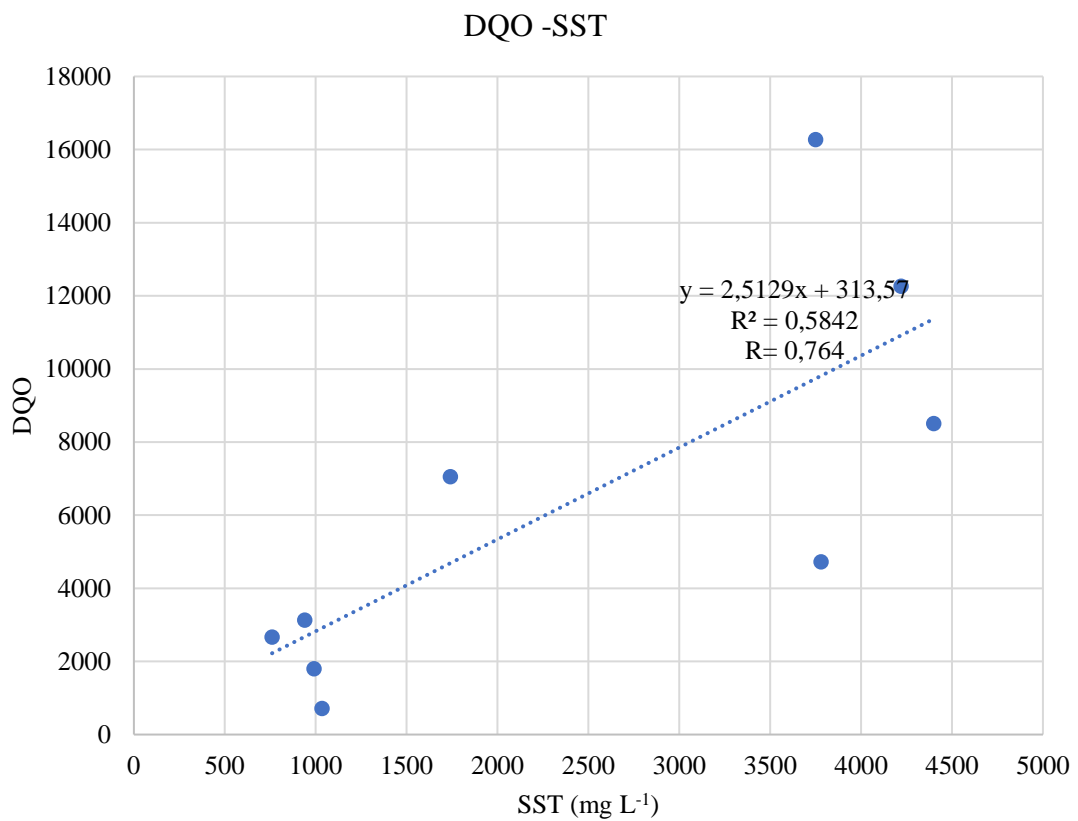
Correlación de la DQO y la DBO₅ en el afluente del biodigestor



En la figura 34 el coeficiente de correlación (R) entre la DQO y los SST es de 0,764; esto indica que es directa alta, es decir, si los valores de la DQO aumentan, los valores de los SST también aumentarán. Los puntos dispersos en función de la línea de tendencia y la correlación alta determinan que, si es recordable utilizar la ecuación modelo para realizar proyecciones de DQO y SST.

Figura 34

Correlación de la DQO y los SST en el afluente del biodigestor



4.1.1.5.SST

La concentración promedio de SST en el afluente del primer biodigestor fue de 988,33 mg L⁻¹. Para el segundo biodigestor se obtuvo 2 093,33 mg L⁻¹ y en el tercer biodigestor la concentración promedio fue de 4 123,33 mg L⁻¹.

Tabla 10

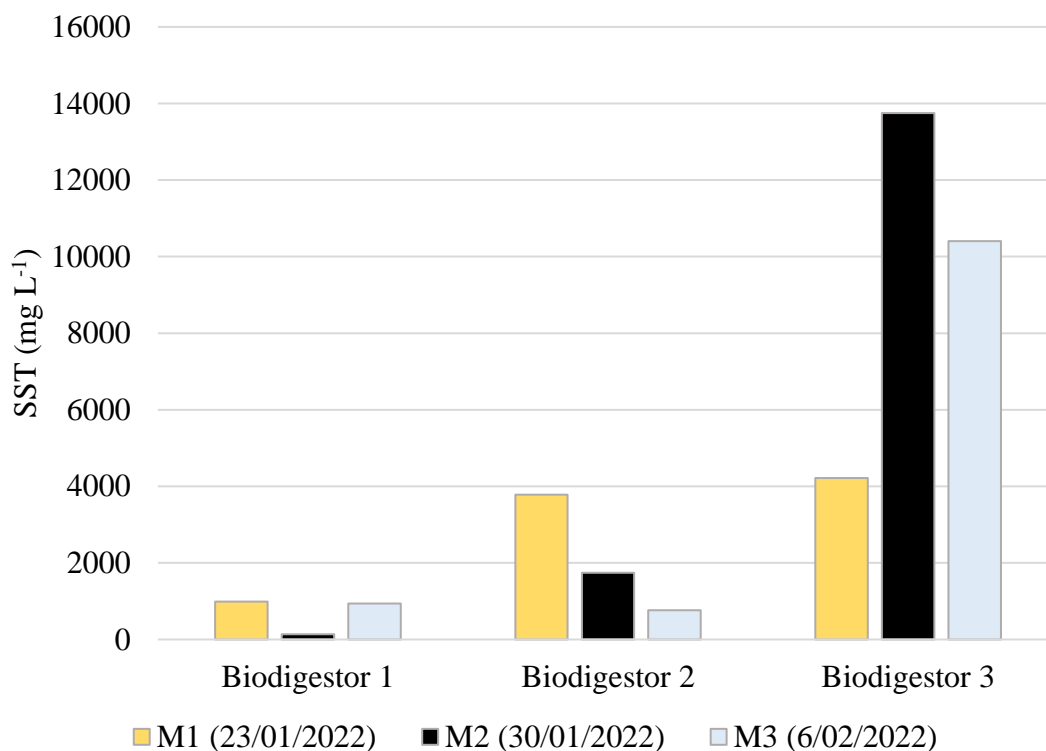
Promedio de las concentraciones de SST (mg L^{-1}) en el afluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	990	3 780	4 220
M2 (30/01/2022)	1 035	1 740	3 750
M3 (6/02/2022)	940	760	4 400
Promedio	988,33	2 093,33	4 123,33
Promedio Total	2 401,67		

Como se observa en la figura 35 el afluente del tercer biodigestor posee las concentraciones más altas de SST en comparación con los otros, sobrepasan los $13\ 000\ \text{mg L}^{-1}$ en el segundo monitoreo.

Figura 35

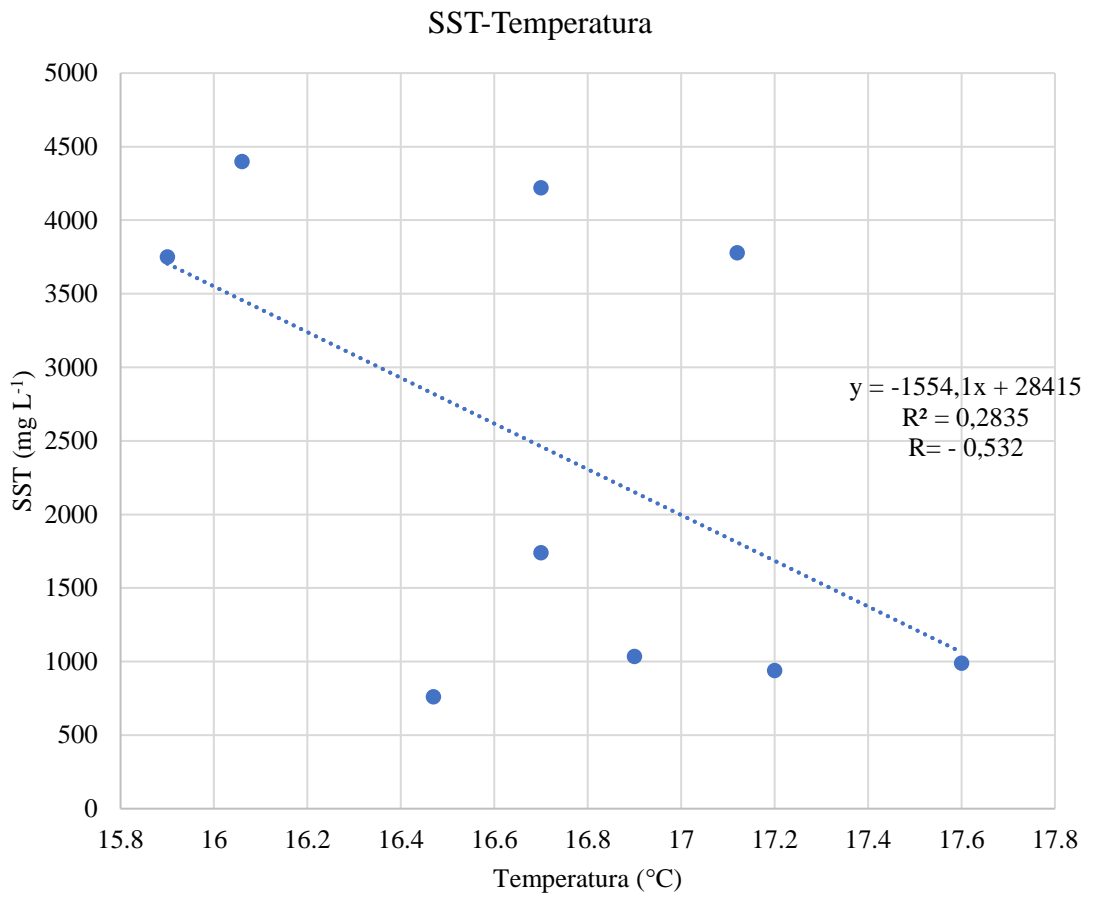
Concentraciones de SST (mg L^{-1}) en el afluente de los biodigestores monitoreados



En la figura 36 se tiene un coeficiente de correlación (R) entre los SST y la temperatura de -0,532; el cual indica que es inversa moderada, es decir, si los valores de los SST aumentan, entonces, los valores de la temperatura disminuyen. Los puntos dispersos en función a la línea de tendencia y la correlación moderada determinan que la ecuación modelo no puede ser utilizada para realizar proyecciones de SST y temperatura.

Figura 36

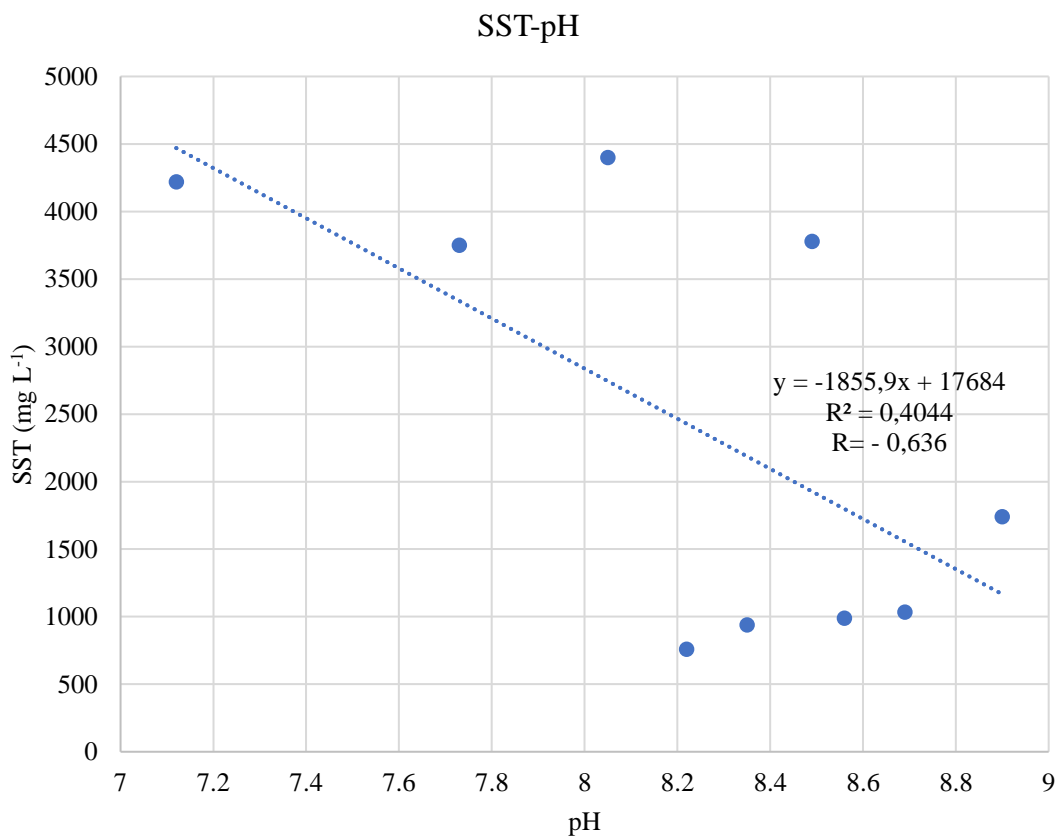
Correlación de la SST y la temperatura en el afluente del biodigestor



La figura 37 tiene un coeficiente de correlación (R) de -0,636 entre los SST y el pH, este valor define que es inversa alta, es decir, si los valores de los SST aumentan, entonces, los valores del pH disminuyen. Los puntos dispersos en función a la línea de tendencia y la correlación alta definen que la ecuación modelo si puede ser utilizada para realizar proyecciones de SST y pH.

Figura 37

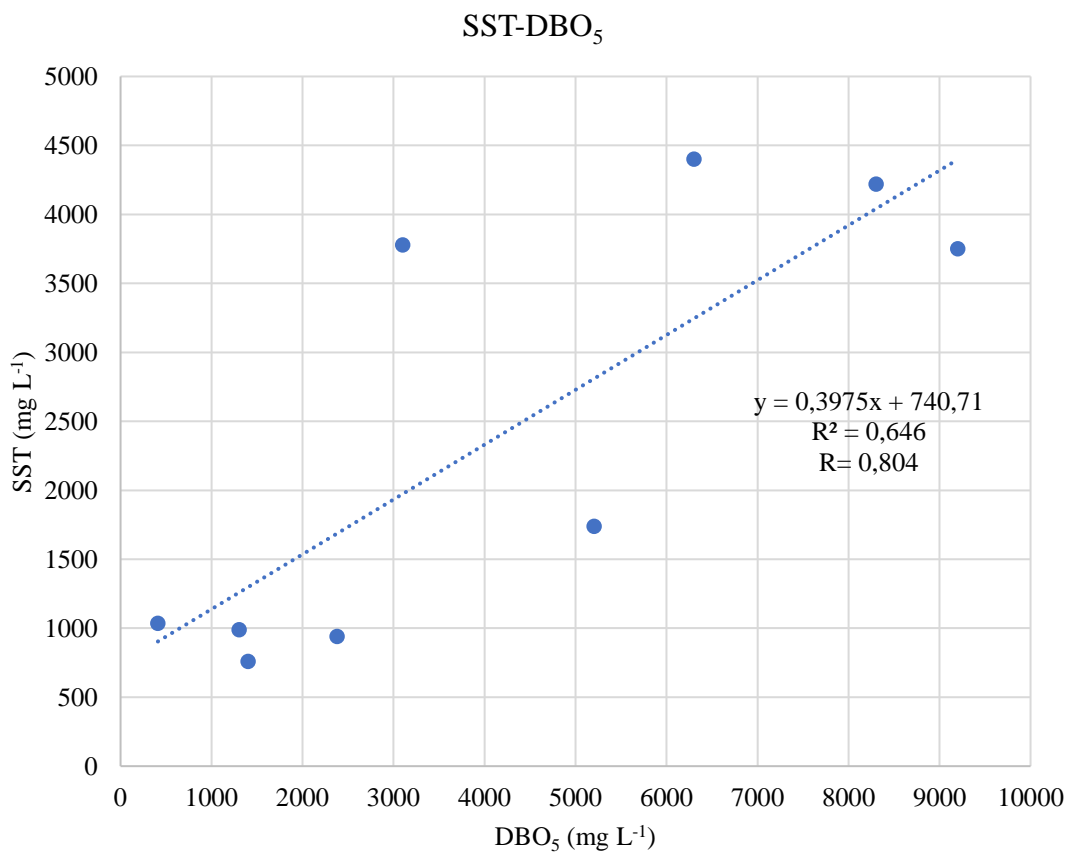
Correlación de la SST y el pH en el afluente del biodigestor



En la figura 38 se tiene un coeficiente de correlación (R) de 0,804 entre los SST y la DBO₅, esto indica que es directa muy alta, es decir, si los SST aumentan, entonces, los valores de la DBO₅ también aumentarán. Los puntos dispersos en función a la línea de tendencia y la correlación muy alta indican que si puede utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de SST y DBO₅.

Figura 38

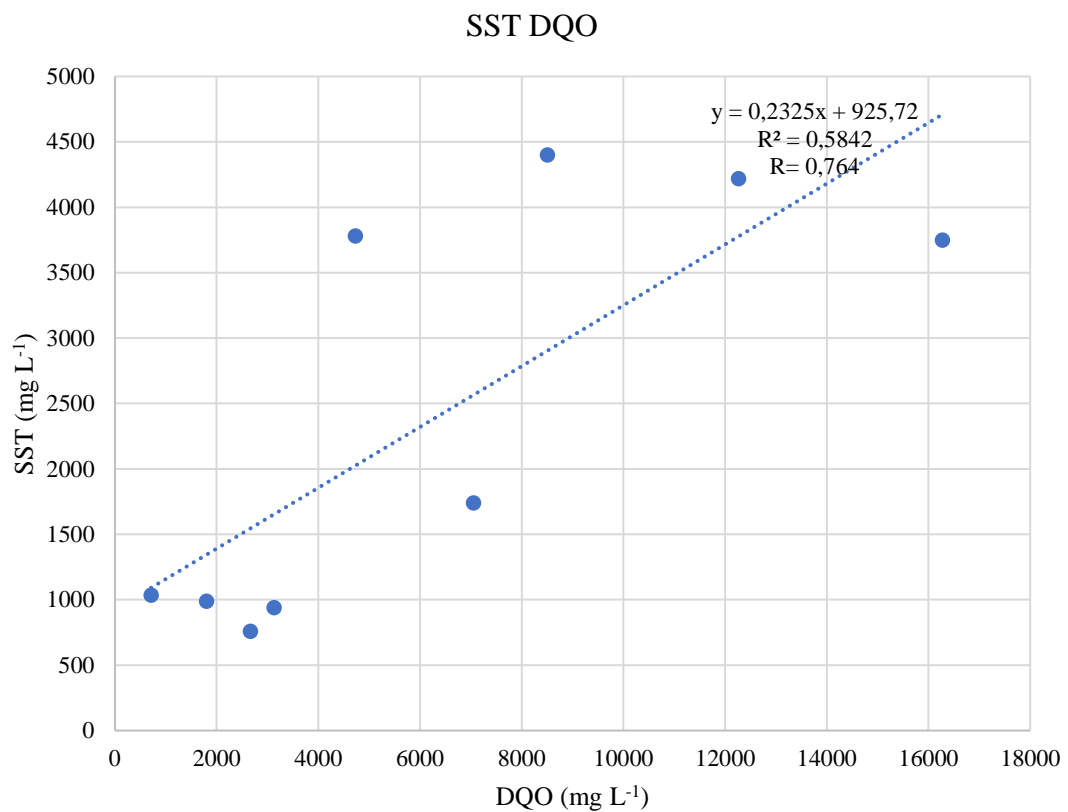
Correlación de la SST y la DBO₅ en el afluente del biodigestor



La figura 39 muestra un coeficiente de correlación (R) de 0,764 entre los SST y la DQO, lo que significa que es directa alta, es decir, si los valores de los SST aumentan, entonces, los valores de la DQO también aumentan. Los puntos dispersos en función a la línea de tendencia y la correlación alta determinan que la ecuación modelo si puede ser utilizada para realizar proyecciones de SST y DQO.

Figura 39

Correlación de la SST y en la DQO afluente del biodigestor



4.1.2. Resultados de las concentraciones de temperatura, PH, DBO₅, DQO Y SST en el efluente (salida al biodigestor)

4.1.2.1. Temperatura

En promedio el efluente del primer, segundo y tercer biodigestor presentaron 17,23 °C; 16,68°C y 16,45 °C de temperatura, respectivamente. El tercero posee la menor temperatura en comparación con los otros.

Tabla 11

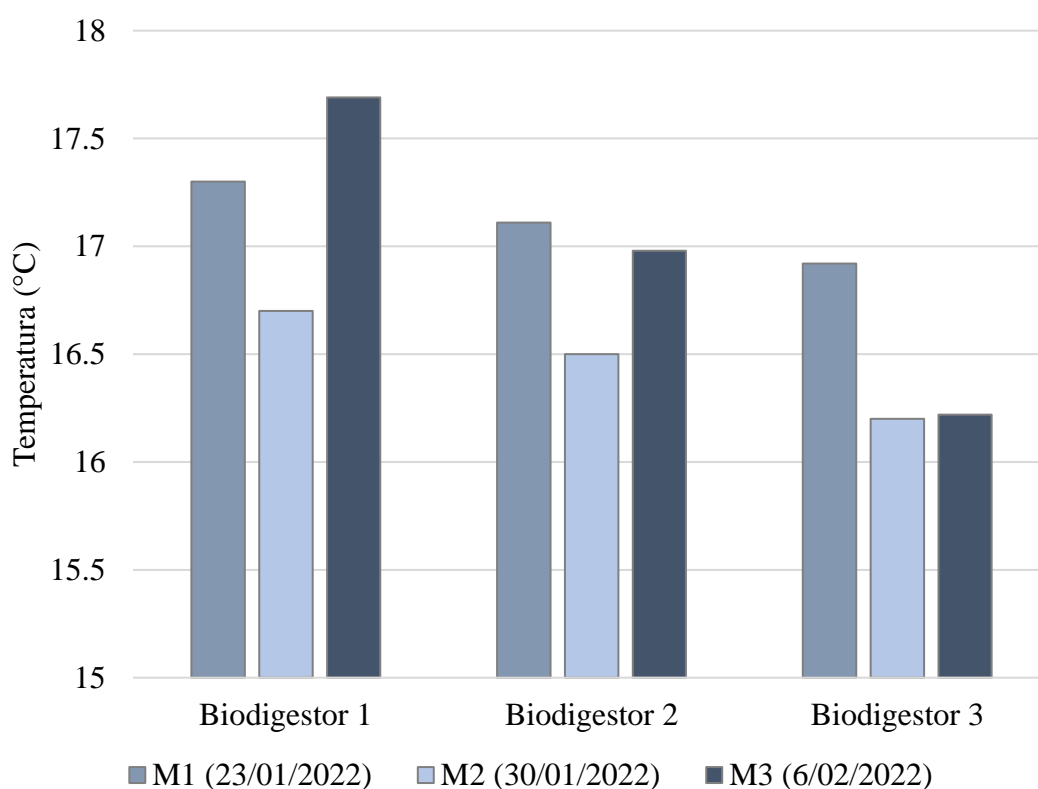
Promedios de temperaturas (°C) en el efluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	17,3	17,11	16,92
M2 (30/01/2022)	16,7	16,5	16,2
M3 (6/02/2022)	17,69	16,98	16,22
Promedio	17,23	16,86	16,45
Promedio Total	16,85		

La temperatura en el efluente presentó valores mayores en el primer biodigestor como se observa en la figura 40 sobrepasó los 17,5 °C.

Figura 40

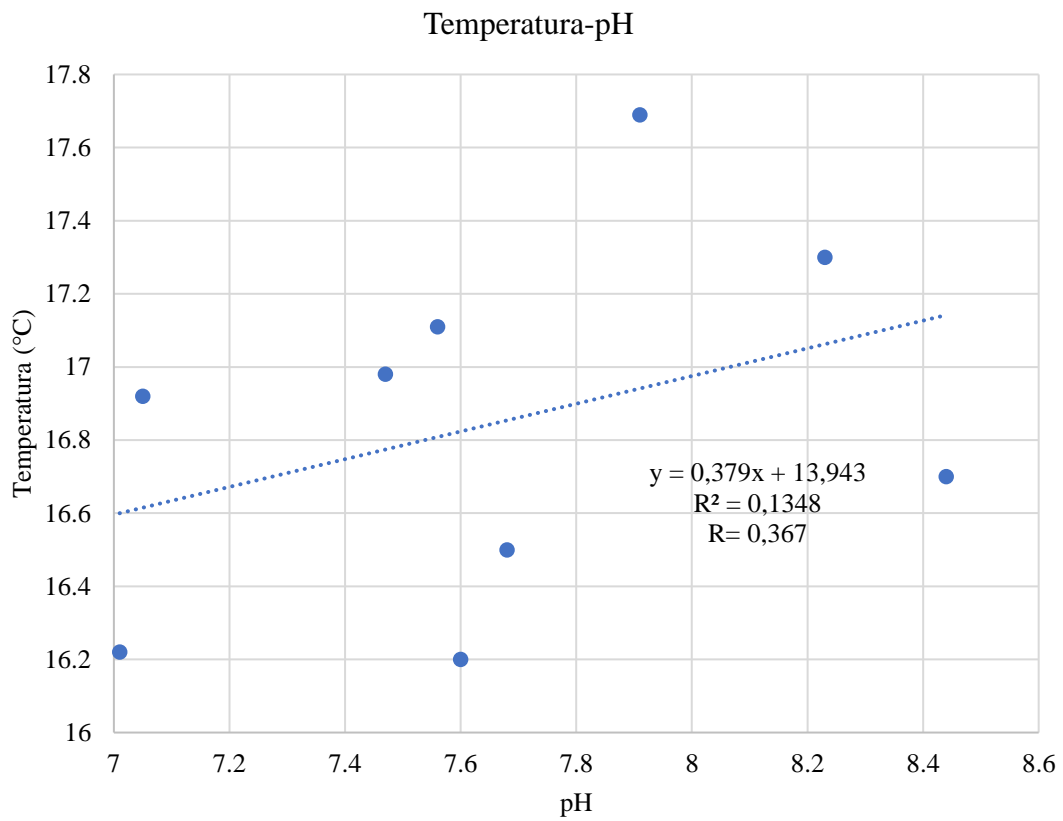
Temperatura (°C) en el efluente de los biodigestores monitoreados



En la figura 41 el valor del coeficiente de correlación (R) es de 0,367 entre la temperatura y el pH, esto significa que es directamente baja, es decir, si la temperatura aumenta, entonces, el pH también aumenta. Los puntos dispersos en relación con la línea de tendencia y la correlación baja indican que no debe utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de temperatura y pH.

Figura 41

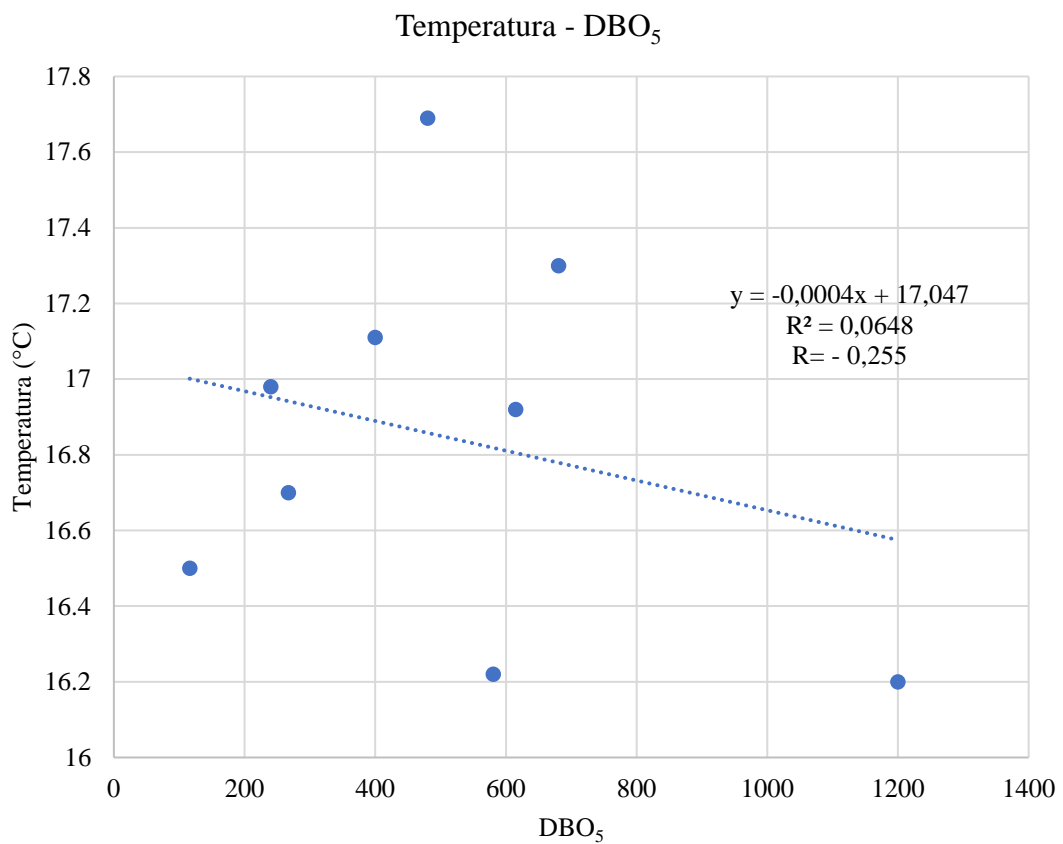
Correlación entre la Temperatura y el pH en el efluente del biodigestor



En la figura 42 el coeficiente de correlación (R) entre la temperatura y la DBO₅ es de -0,255; esto quiere decir que es inversa débil, es decir, si los valores de la temperatura aumentan, los valores de la DBO₅ disminuyen. Los puntos dispersos sobre la línea de tendencia y la correlación baja definen que no se debe tomar la ecuación modelo para realizar proyecciones de temperatura y DBO₅.

Figura 42

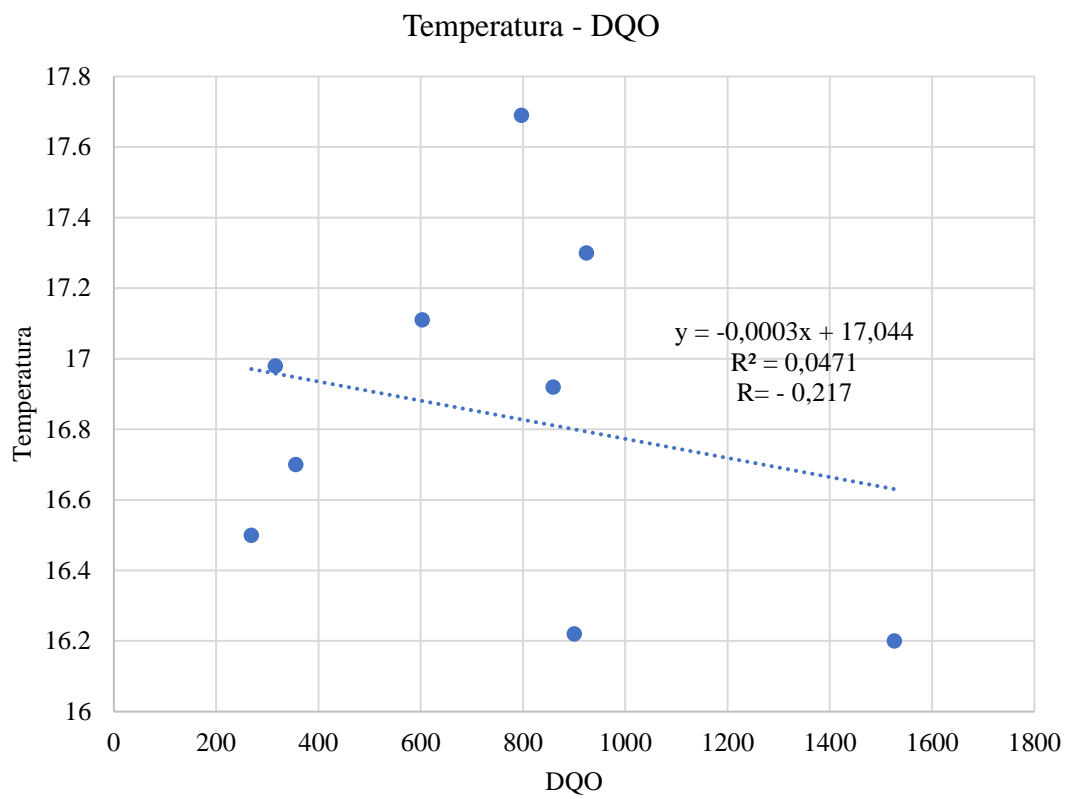
Correlación de la temperatura y la DBO₅ en el afluente del biodigestor



La figura 43 tiene como coeficiente de correlación (R) entre la temperatura y la DQO un valor de -0,217; esto indica que es inversa baja, es decir, si los valores de la temperatura aumentan, entonces, los valores de la DQO disminuyen. Los puntos muy dispersos en relación a la línea de tendencia y la correlación baja definen que no puede utilizarse la ecuación modelo para realizar las proyecciones de temperatura y DQO.

Figura 43

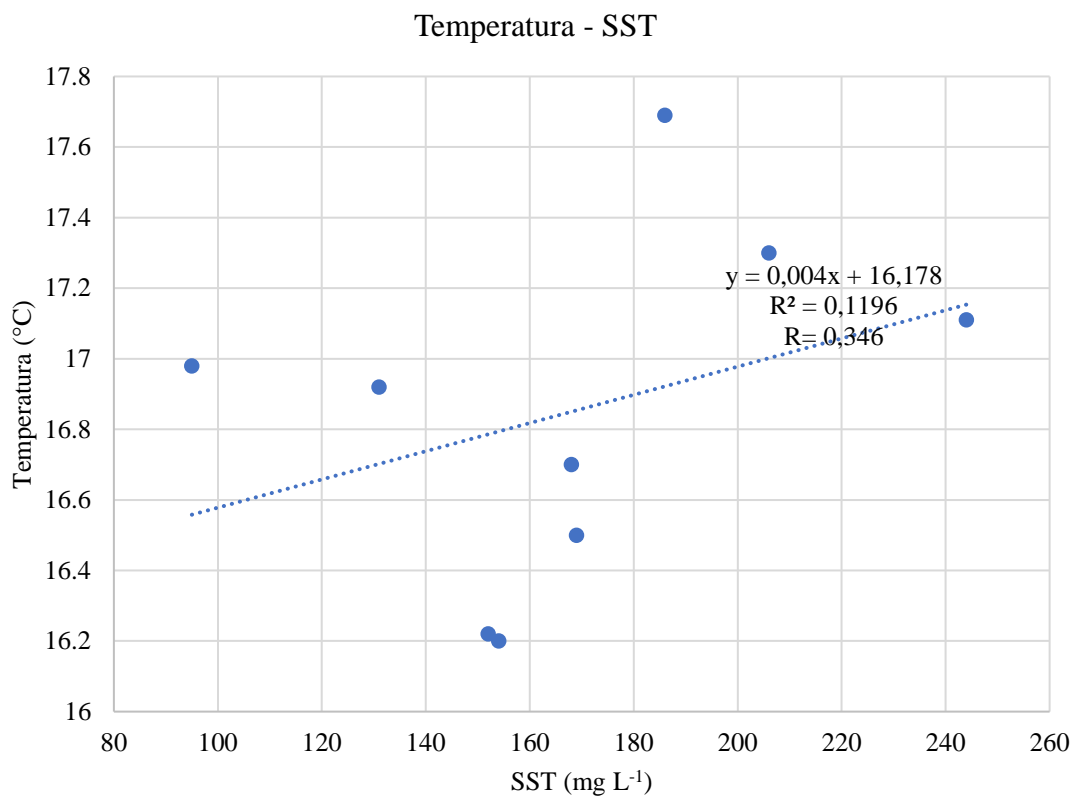
Correlación entre la temperatura y la DQO en el afluente del biodigestor



En la figura 44 el coeficiente de correlación (R) es de 0,346 entre la temperatura y los SST, esto indica que es directa baja, es decir, cuando los valores de la temperatura aumentan, entonces, los valores de los SST también aumentan. Los puntos muy dispersos alrededor de la línea de tendencia y la correlación baja definen que no debe utilizarse la ecuación modelo para la proyección de temperatura y SST.

Figura 44

Correlación de la temperatura y los SST en el afluente del biodigestor



4.1.2.2.pH

El pH promedio del efluente en el primer biodigestor fue de 8,19, el segundo biodigestor tuvo 7,57 de pH promedio y el tercer biodigestor presentó un promedio de 7,22.

Tabla 12

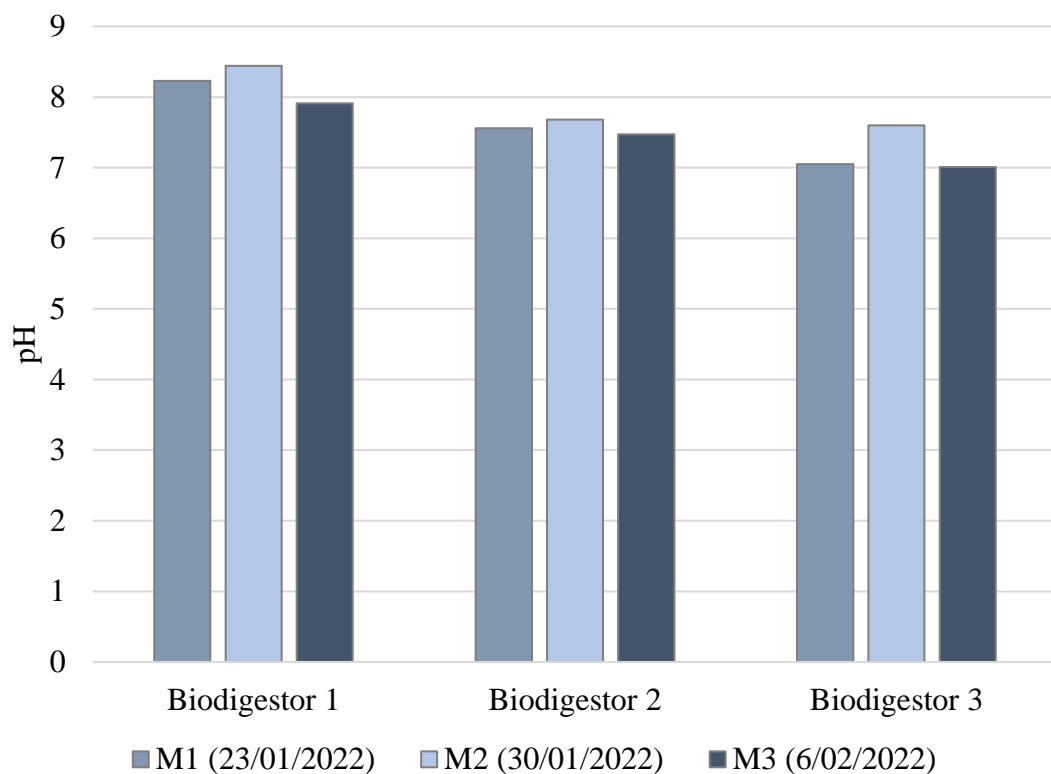
Promedios de pH en el efluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	8,23	7,56	7,05
M2 (30/01/2022)	8,44	7,68	7,6
M3 (6/02/2022)	7,91	7,47	7,01
Promedio	8,19	7,57	7,22
Promedio Total	7,66		

Como se observa en la figura 45 en los tres monitores los valores de pH en el efluente de los biodigestores son mayores en el primero. Además, el tercer biodigestor en el primer y tercer monitoreo llegan a tener valores cercanos a un pH neutro.

Figura 45

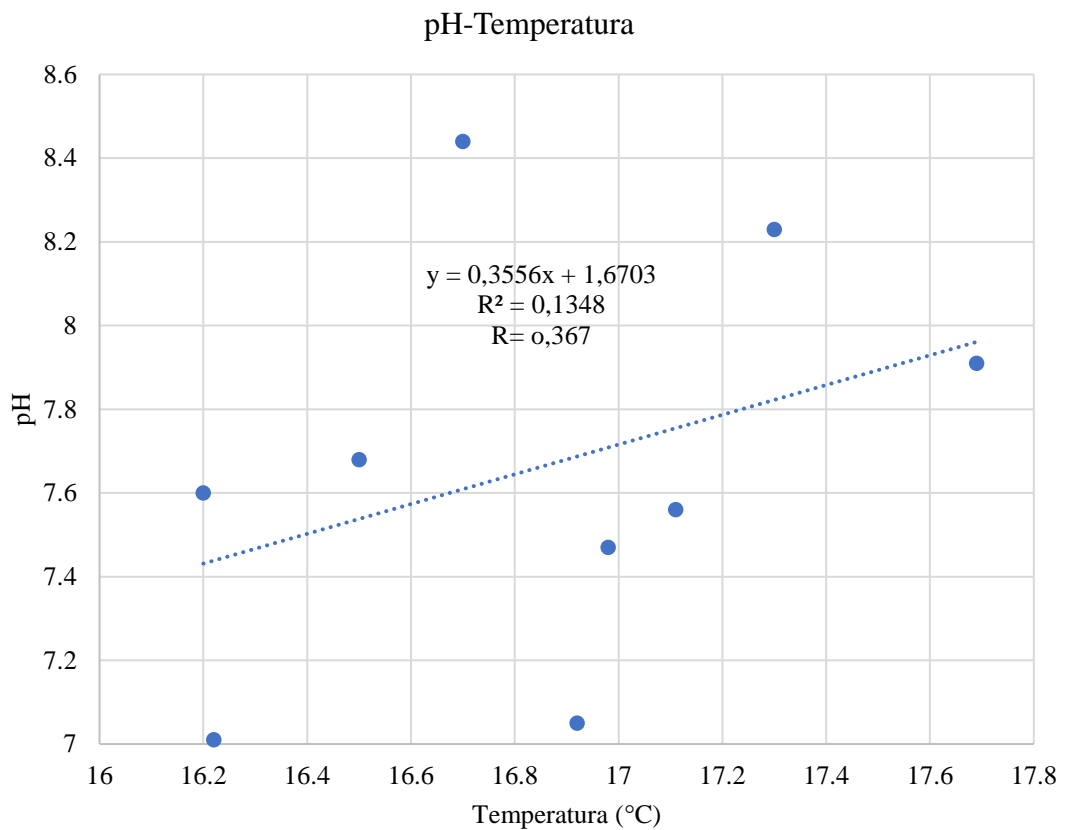
pH en el efluente de los biodigestores monitoreados



En la figura 46 el valor del coeficiente de correlación (R) es de 0,367 entre el pH y la temperatura, esto significa que es directa baja, es decir, al aumentar el pH, también aumentará la temperatura. La dispersión de los puntos referente a la línea de tendencia y la correlación baja, no permiten que la ecuación modelo sea utilizada para la proyección de datos del pH y temperatura.

Figura 46

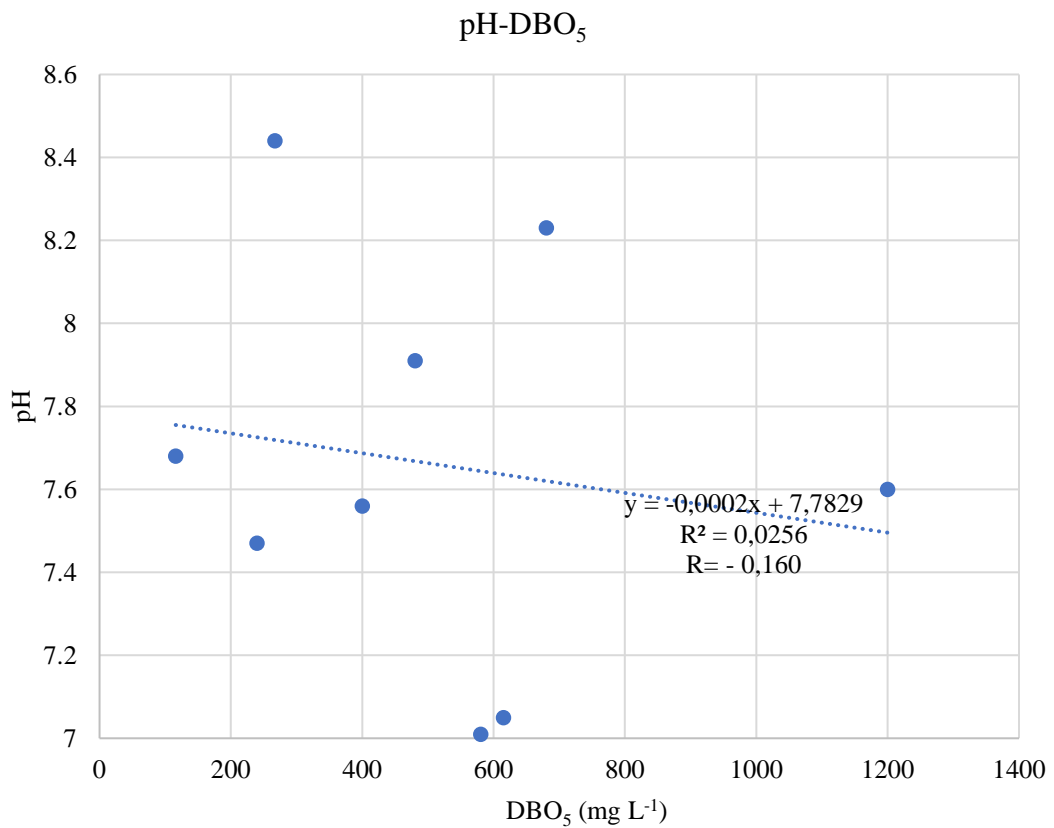
Correlación del pH y la temperatura en el efluente del biodigestor



En la figura 47 el coeficiente de correlación (R) entre el pH y la DBO₅ es de menos 0,160; por lo tanto, es inversa muy baja, es decir, mientras que los valores del pH aumentan, los valores de la DBO₅ tienden a disminuir. La dispersión de los puntos en función de la línea de tendencia y la correlación muy baja establecen que la ecuación modelo no podrá ser utilizada para realizar proyecciones de pH y DBO₅.

Figura 47

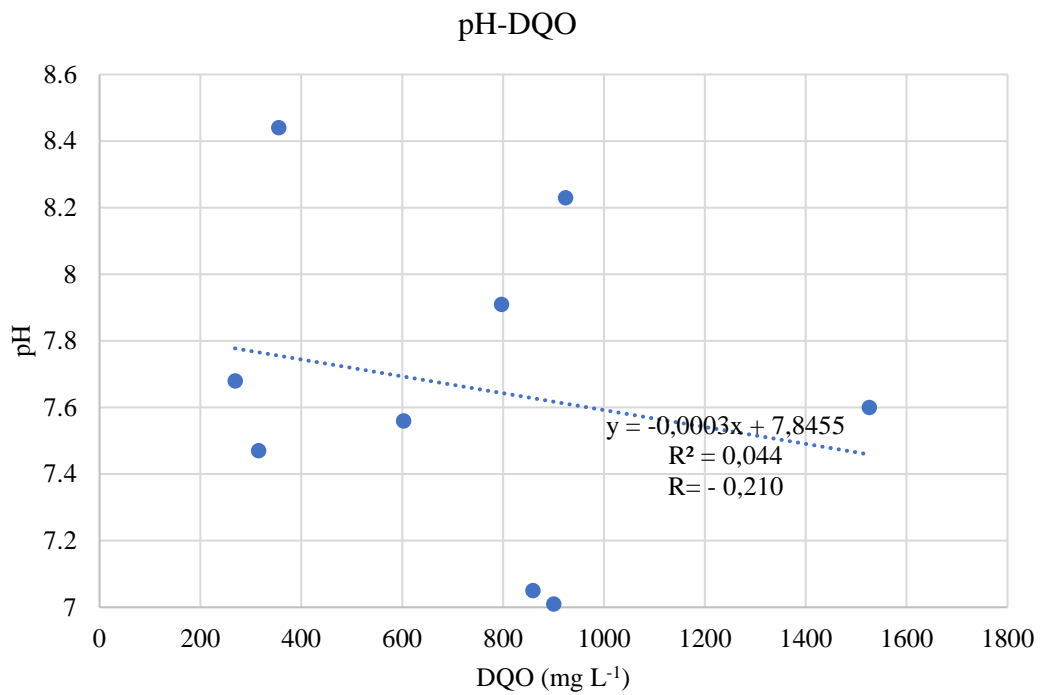
Correlación del pH y la DBO₅ en el efluente del biodigestor



Según la figura 48 el coeficiente de correlación (R) entre el pH y la DQO es de -0,210; esto significa que es inversa baja, es decir, si el pH aumenta, entonces, los valores de la DQO disminuyen. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación baja indican que la ecuación modelo no puede ser utilizada para realizar proyecciones de pH y DQO.

Figura 48

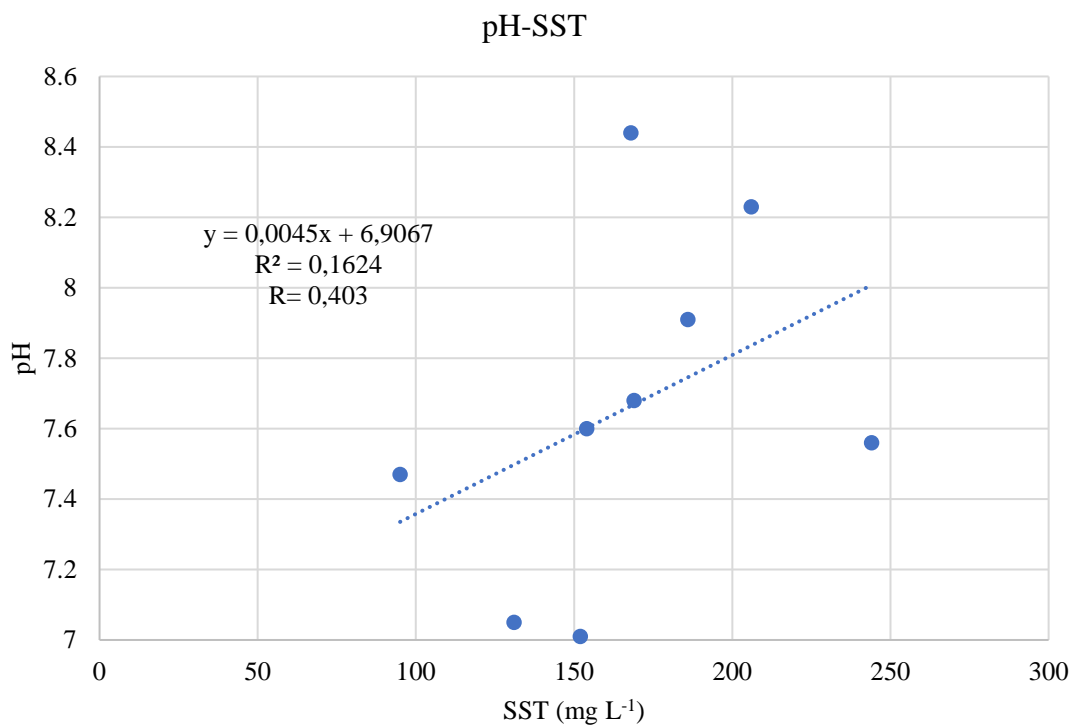
Correlación del pH y la DQO en el efluente del biodigestor



En la figura 49 el valor del coeficiente de correlación (R) entre el pH y los SST es de 0,403; por lo tanto, es directa moderada, es decir, mientras que los valores del pH aumenten, entonces, también aumentarán los valores de los SST. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación moderada definen que no se puede utilizar la ecuación modelo para realizar las proyecciones de pH y SST.

Figura 49

Correlación del pH y los SST en el efluente del biodigestor



4.1.2.3.DBO₅

La concentración promedio de la DBO₅ en el efluente es mayor en el tercer biodigestor con un valor de 798,5 mg L⁻¹, mientras que el primer y segundo biodigestor estas concentraciones tienen un valor de 475,93 mg L⁻¹ y 252,03 mg L⁻¹, respectivamente.

Tabla 13

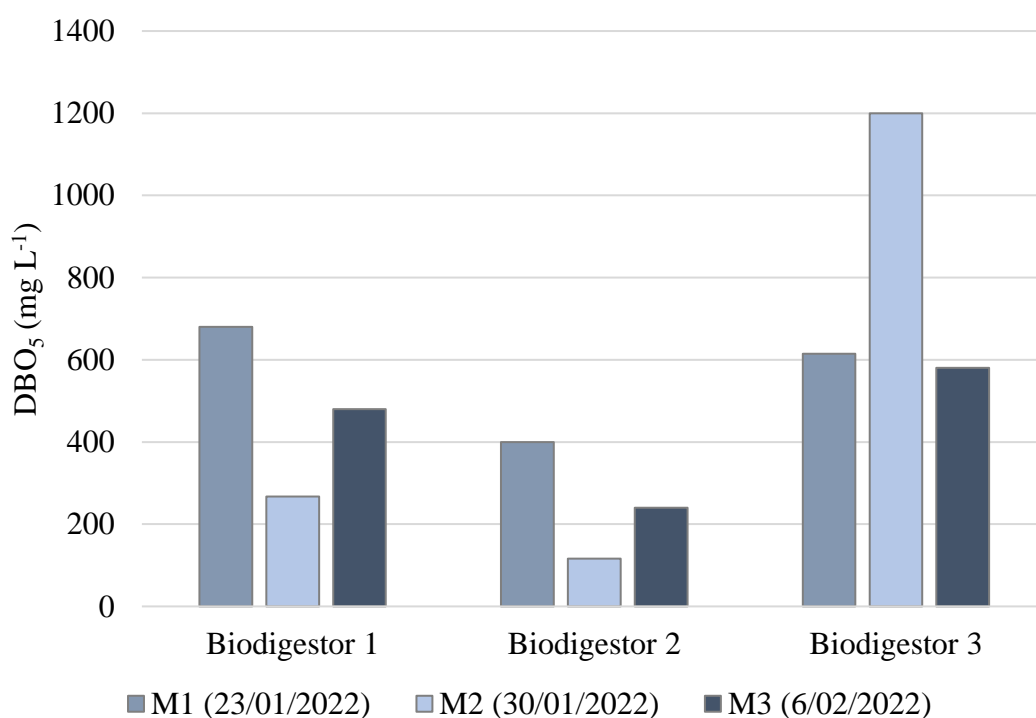
Promedio de las concentraciones de la DBO₅ (mg L⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	680,5	400,1	615
M2 (30/01/2022)	267	116	1 200
M3 (6/02/2022)	480,3	240	580,5
Promedio	475,93	252,03	798,5
Promedio Total	508,82		

En la figura 50 se observa que las concentraciones del efluente van desde 116 mg L⁻¹ hasta 1 200 mg L⁻¹. Además, de los tres monitores las concentraciones resultaron menores en el segundo biodigestor.

Figura 50

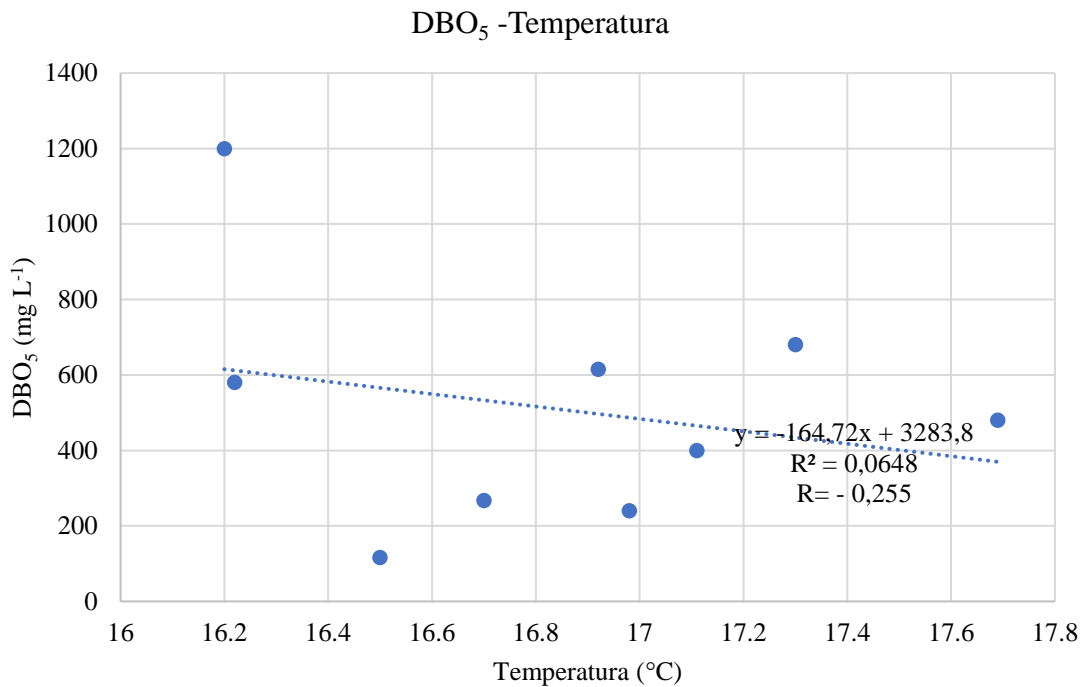
Concentraciones de la DBO₅ (mg L⁻¹) en el efluente de los biodigestores monitoreados



Según la figura 51 el coeficiente de correlación (R) entre la DBO₅ y la temperatura es de -0,255; lo que significa que es inversa baja, es decir, si los valores de la DBO₅ aumentan, entonces, los valores de la temperatura disminuyen. Los puntos dispersos en función de la línea de tendencia y la correlación baja establecen que, la ecuación modelo no puede ser utilizada para realizar la proyección de DBO₅ y temperatura.

Figura 51

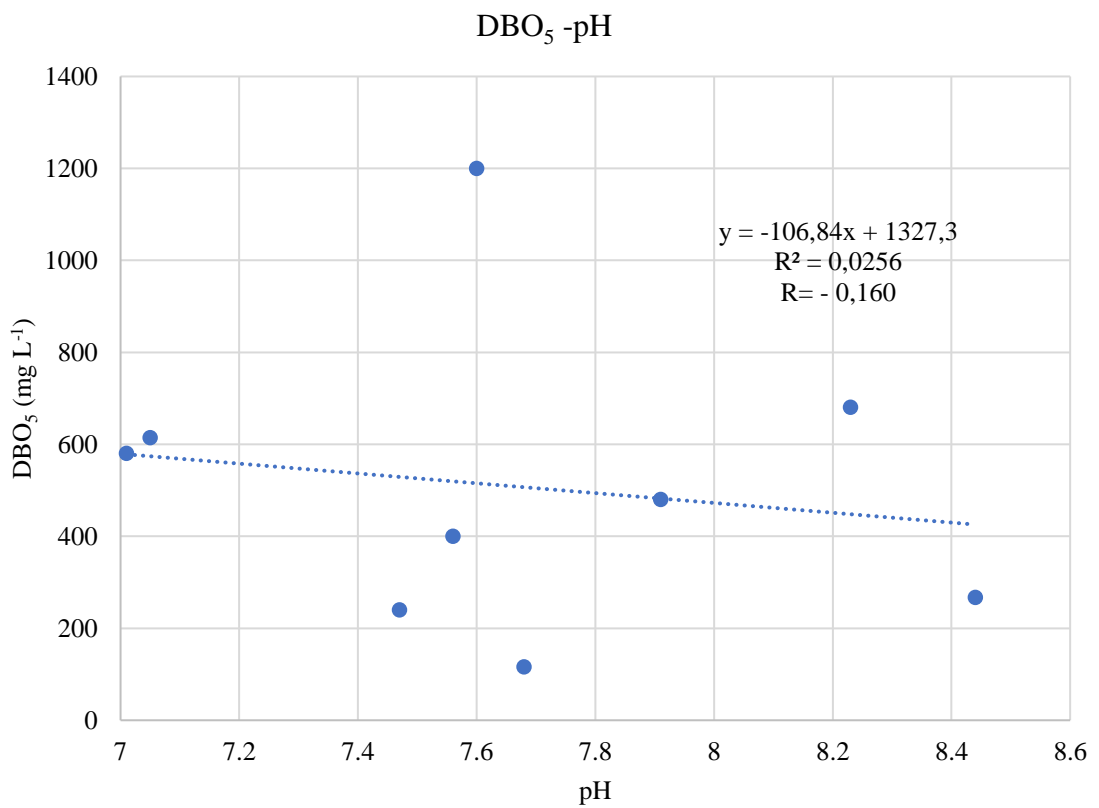
Correlación de la DBO₅ y la temperatura en el efluente del biodigestor



En la figura 52 el coeficiente de correlación (R) entre la DBO₅ y el pH es de -0,160; esto significa que es inversa muy baja, es decir, si los valores de la DBO₅ aumentan, entonces los valores del pH disminuyen. Los puntos dispersos sobre la línea de tendencia y la correlación muy baja definen que, la ecuación modelo no podrá ser utilizada para la proyección de datos de DBO₅ y pH.

Figura 52

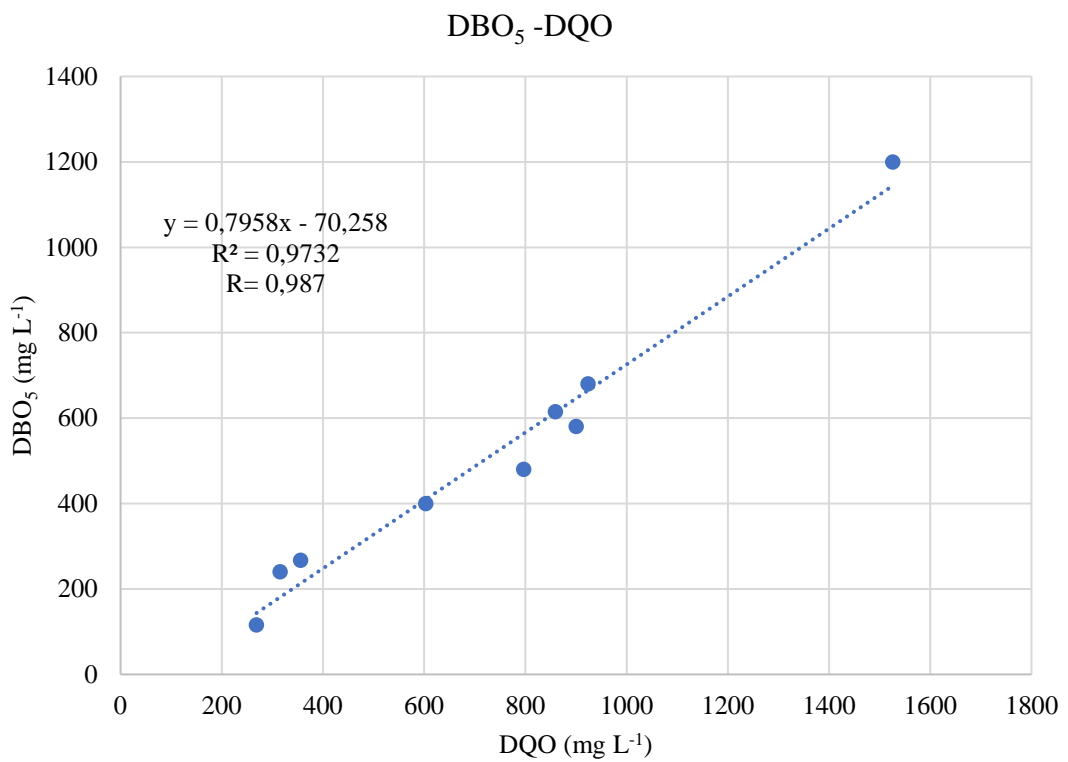
Correlación de la DBO₅ y el pH en el efluente del biodigestor



Según la figura 53 el coeficiente de correlación (R) entre la DBO₅ y la DQO es de 0,987; por lo tanto, es directa muy alta, es decir, si los valores de la DBO₅ aumentan, entonces, los valores de la DQO también aumentan. Los puntos alineados cerca de la línea de tendencia y la correlación muy alta determinan que la ecuación modelo si puede ser utilizada para la proyección de los valores de la DBO₅ y la DQO.

Figura 53

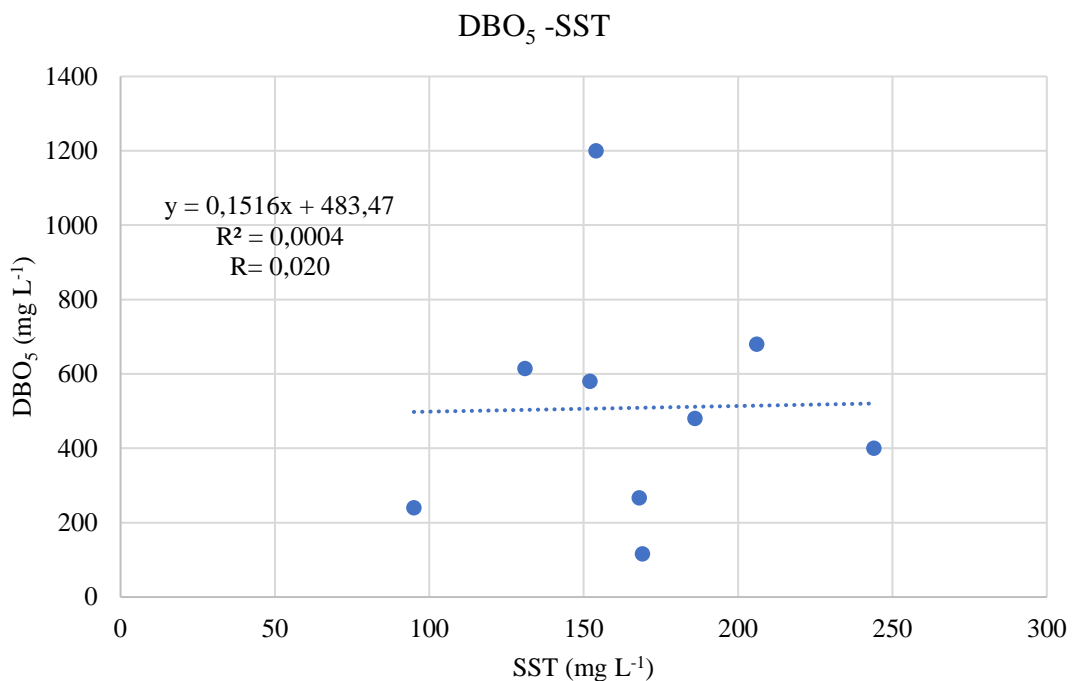
Correlación de la DBO₅ y la DQO en el efluente del biodigestor



Según figura 54 el coeficiente de correlación (R) entre la DBO₅ y los SST es de 0,020; esto significa que es directa muy baja, es decir, si los valores de la DBO₅ aumentan, entonces, también aumentan los valores de los SST. La dispersión de los puntos sobre la línea de tendencia y la correlación muy baja definen que no se puede utilizar la ecuación modelo para realizar proyecciones de DBO₅ y SST.

Figura 54

Correlación de la DBO₅ y los SST en el efluente del biodigestor



4.1.2.4.DQO

Las concentraciones promedio de DQO en el efluente de los tres biodigestores evaluados fueron de 692,13 mg L⁻¹, 395,73 mg L⁻¹ y 1 095,13 mg L⁻¹, respectivamente.

Tabla 14

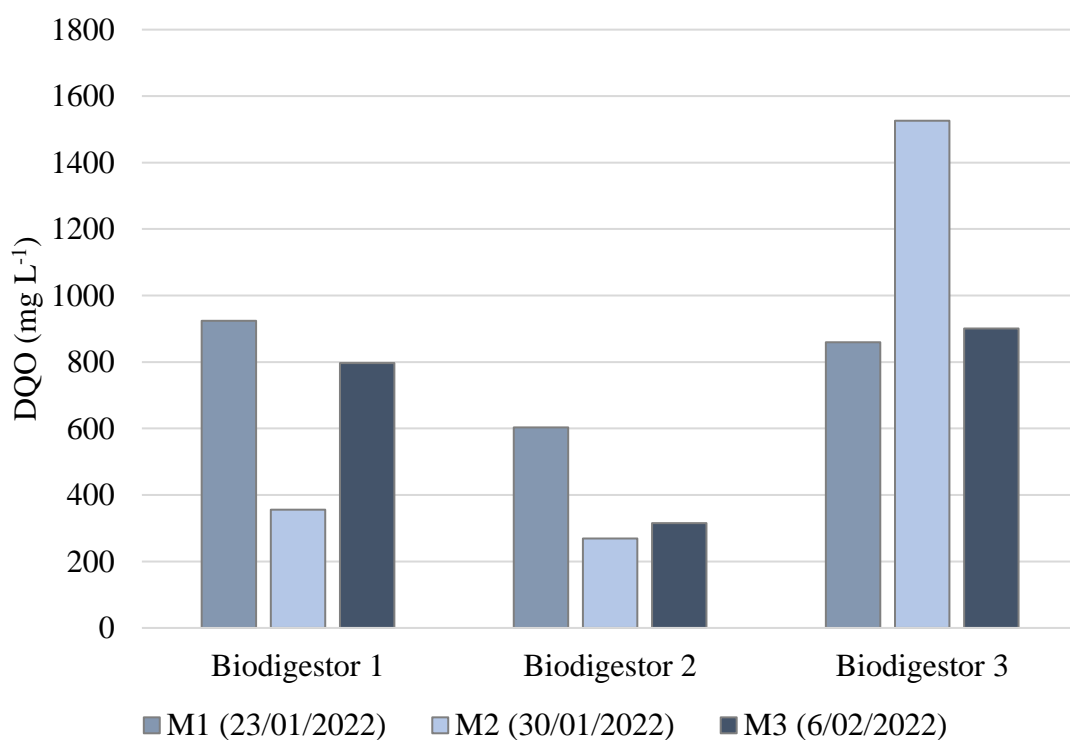
Promedio de las concentraciones de la DQO (mg L^{-1}) en el efluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	923,9	603	859
M2 (30/01/2022)	355,6	268,7	1 525,9
M3 (6/02/2022)	796,9	315,5	900,5
Promedio	692,13	395,73	1 095,13
Promedio Total	727,67		

En la figura 55 se observa que la mayor concentración de DQO en el efluente fue de 4 525,9 que pertenece al segundo monitoreo del tercer biodigestor, además, el segundo biodigestor es el que presenta menor concentración en este parámetro.

Figura 55

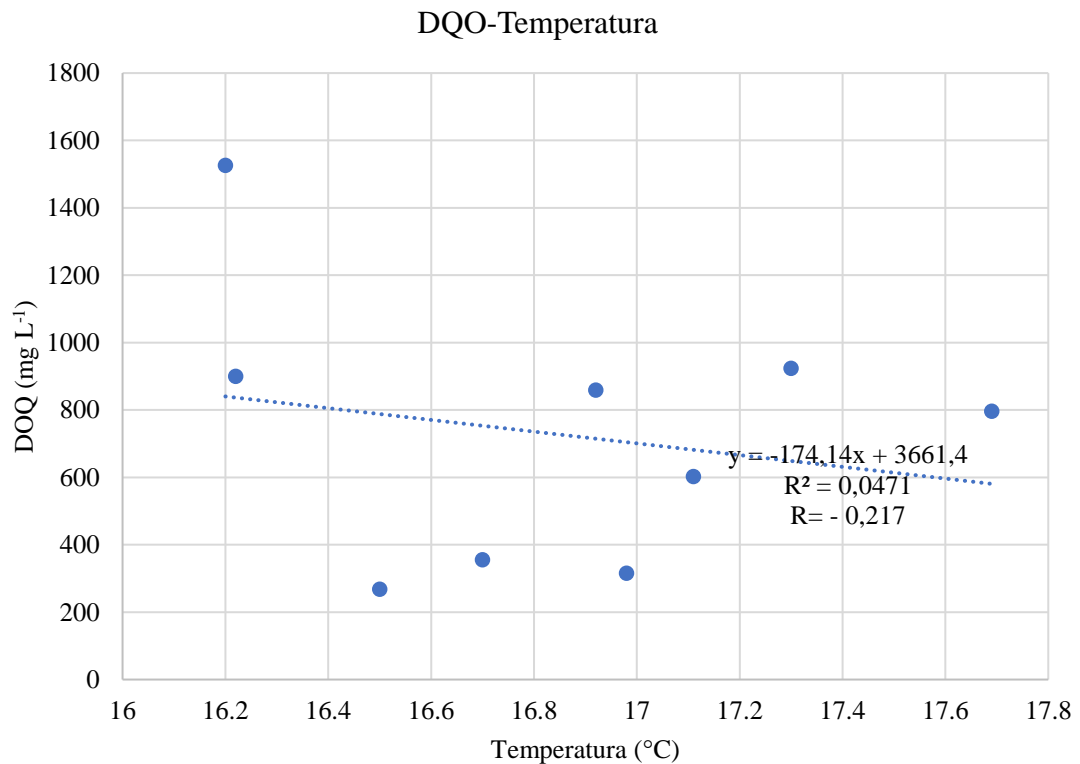
Concentraciones de la DQO (mg L^{-1}) en el efluente de los biodigestores monitoreados



Según la figura 56 el coeficiente de correlación (R) entre la DQO y la temperatura es de -0,217; esto significa que es inversamente baja, es decir, si los valores de la DQO aumentan, los valores de la temperatura disminuyen. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación baja determinan que la ecuación modelo no puede ser utilizada para la proyección de datos de la DQO y la temperatura.

Figura 56

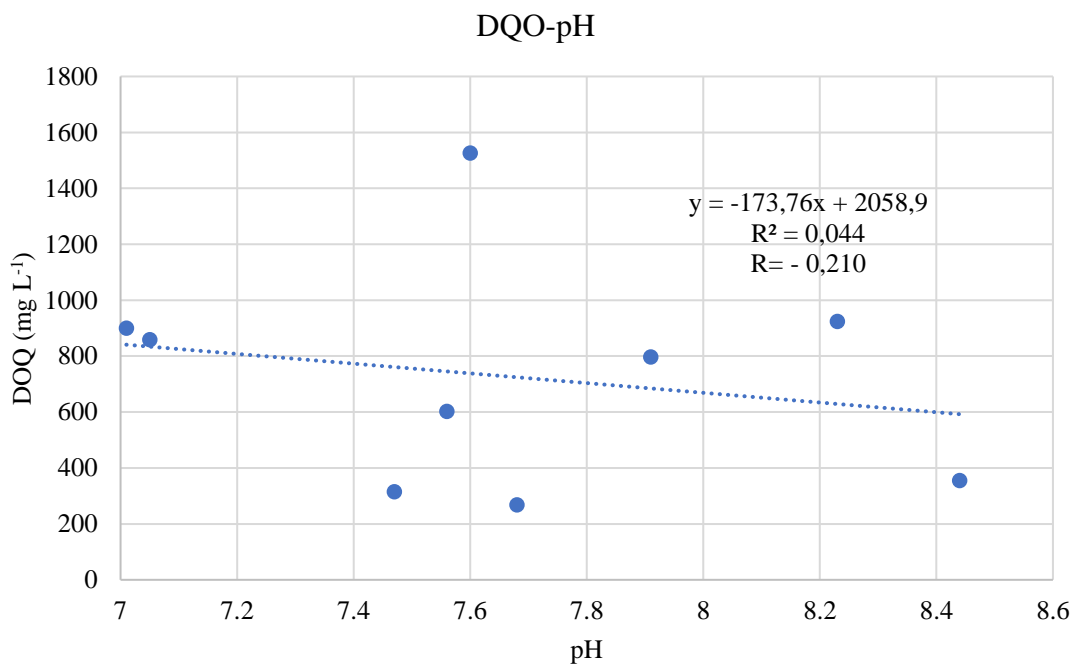
Correlación de la DQO y la temperatura en el efluente del biodigestor



En la figura 57 el coeficiente de correlación (R) entre la DQO y el pH es de -0,210; esto indica que es inversamente baja, es decir, si los valores de la DQO aumentan, entonces, los valores del pH disminuyen. Los puntos de dispersión alrededor de la línea de tendencia y la correlación baja determinan que la ecuación modelo no puede ser utilizada para realizar proyecciones de datos de DQO y pH.

Figura 57

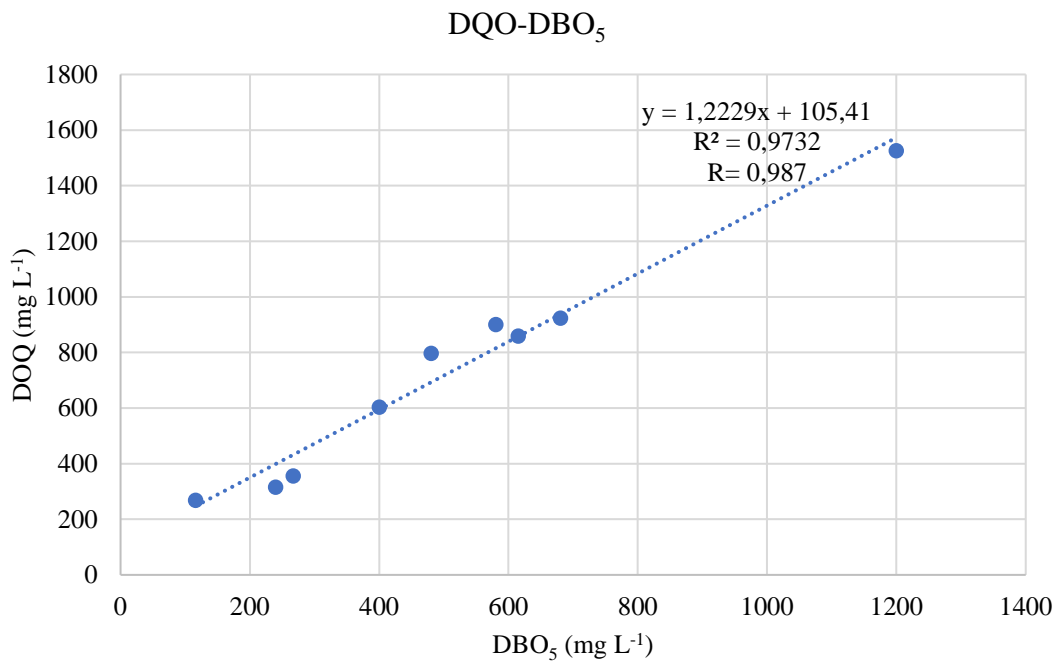
Correlación de la DQO y el pH en el efluente del biodigestor



Según la figura 58 el coeficiente de correlación (R) entre la DQO y la DBO₅ es de 0,987; esto quiere decir que es directa muy alta, es decir, si los valores de la DQO aumentan, entonces, los valores de la DBO₅ también aumentan. La alineación de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación muy alta determinan que sí puede utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de DQO y DBO₅.

Figura 58

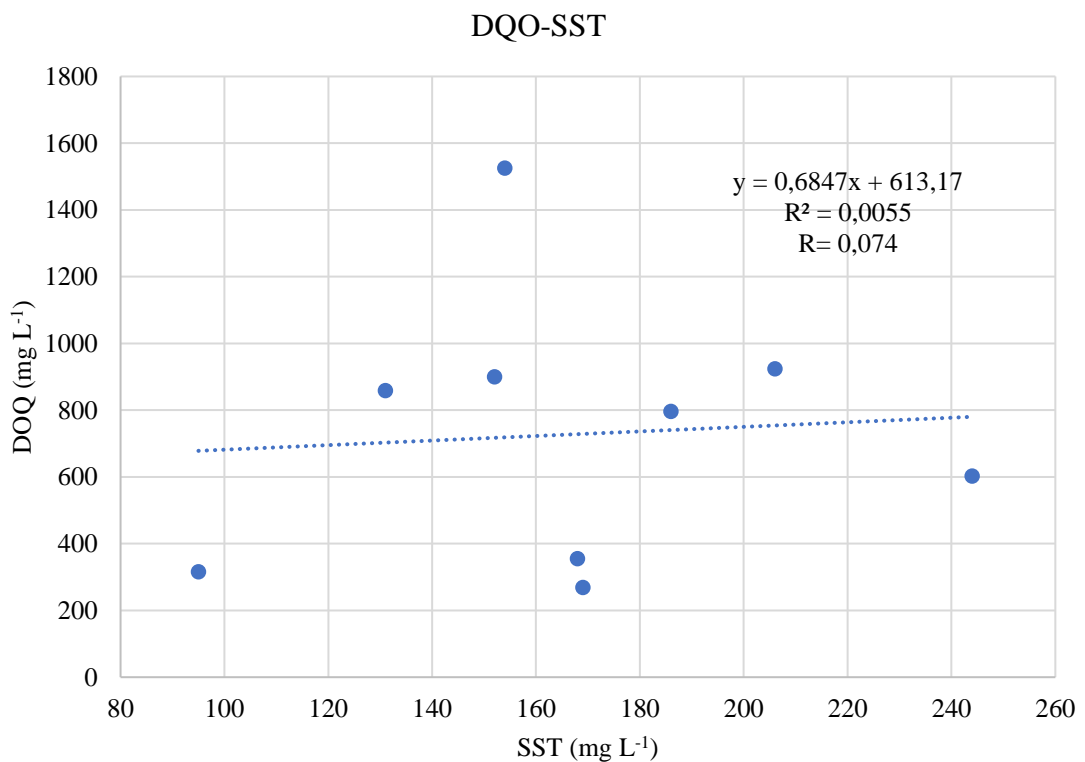
Correlación de la DQO y la DBO₅ en el efluente del biodigestor



En la figura 59 el coeficiente de correlación (R) entre la DQO y los SST es de 0,074; esto quiere decir que es directa muy baja, es decir, si los valores de la DQO aumentan, entonces, los valores de los SST₅ también aumentan. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación muy baja determinan que no puede utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de DQO y SST.

Figura 59

Correlación de la DQO y los SST en el efluente del biodigestor



4.1.2.5.SST

La concentración promedio de SST en el efluente del primer biodigestor fue de 186,67 mg L⁻¹, el segundo y tercer biodigestor presentaron concentraciones de 169,33 mg L⁻¹ y 145,67 mg L⁻¹, respectivamente.

Tabla 15

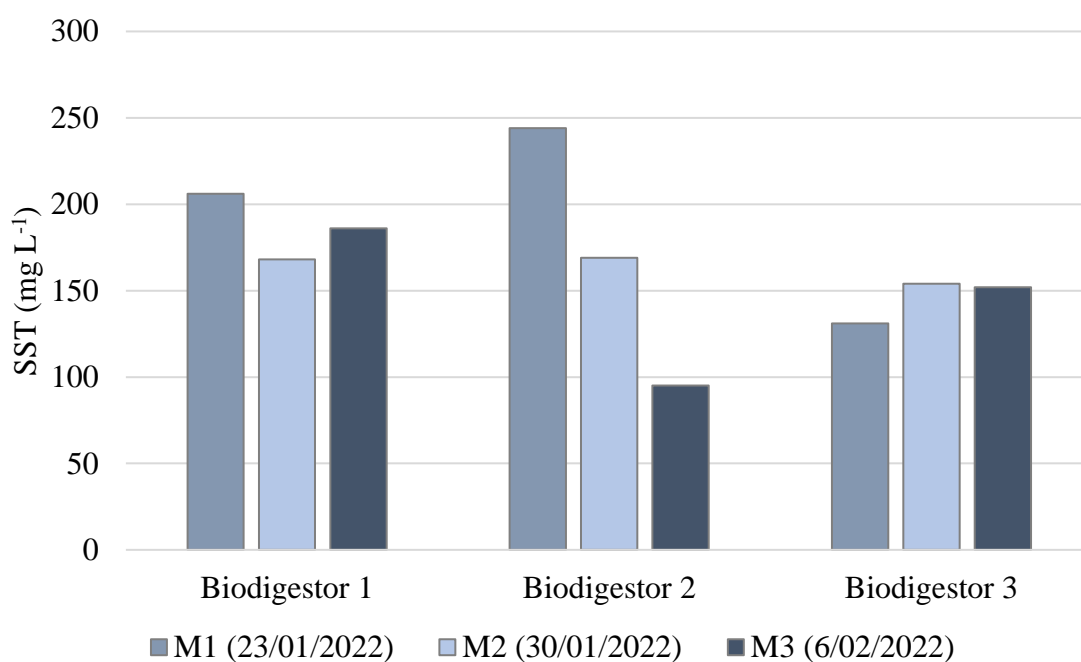
Promedio de las concentraciones de SST (mg L^{-1}) en el efluente de los biodigestores monitoreados

Monitoreos	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3
M1 (23/01/2022)	206	244	131
M2 (30/01/2022)	168	169	154
M3 (6/02/2022)	186	95	152
Promedio	186,67	169,33	145,67
Promedio Total	167,22		

La mayor concentración de SST en el efluente fue de 244 mg L^{-1} el cual pertenece al primer monitoreo del segundo biodigestor, sin embargo, en el tercer monitoreo este valor disminuye considerablemente hasta 95 mg L^{-1} .

Figura 60

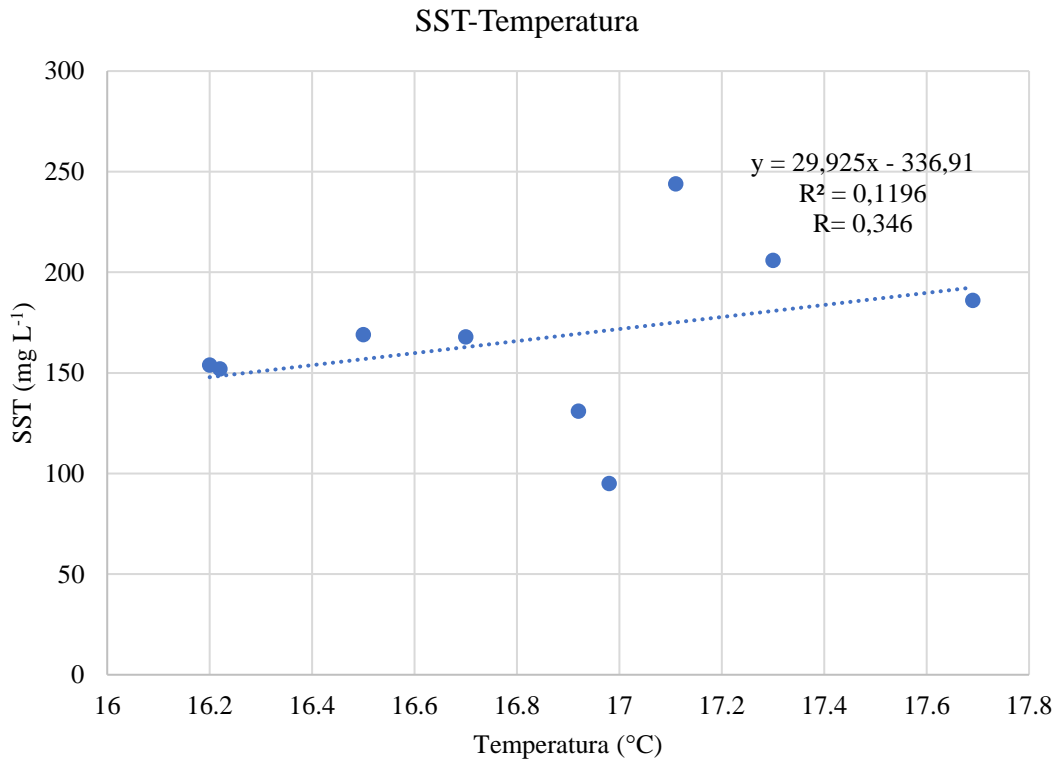
Concentraciones de SST (mg L^{-1}) en el efluente de los biodigestores monitoreados



Según la figura 61 el coeficiente de correlación (R) entre los SST y la temperatura es de 0,346; esto quiere decir que es directamente baja, es decir, si los valores de los SST aumentan, entonces, los valores de la temperatura también aumentan. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación baja determinan que no puede utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de los SST y temperatura.

Figura 61

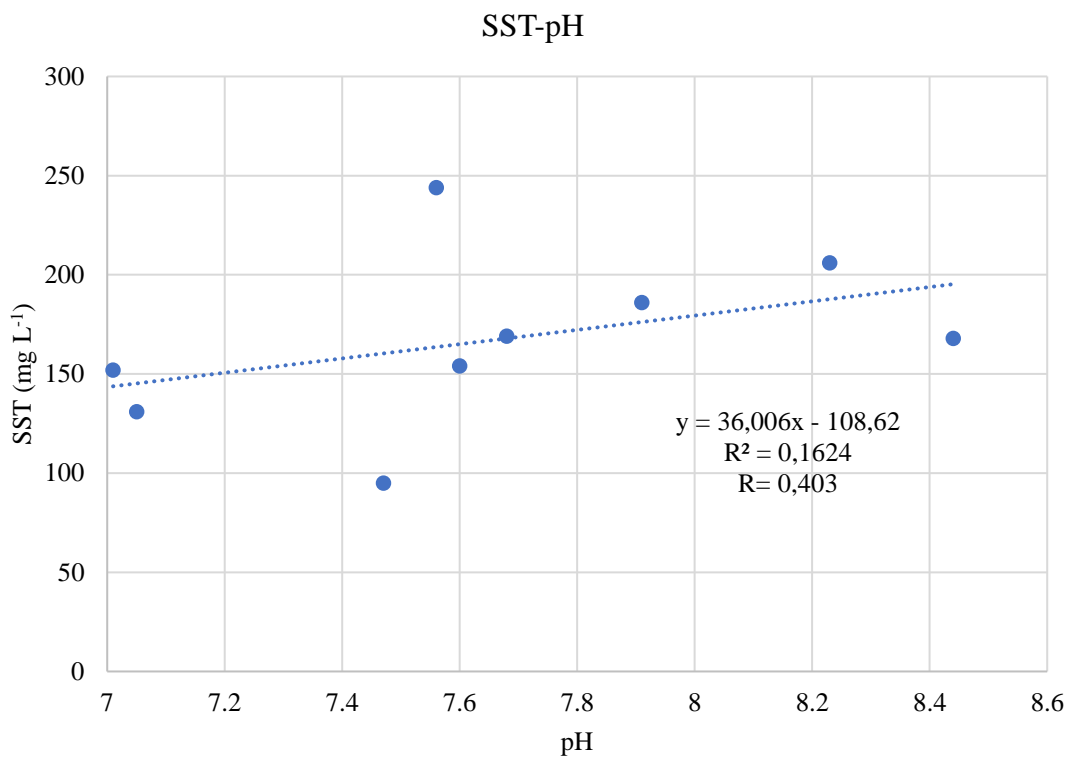
Correlación de la SST y la temperatura en el efluente del biodigestor



En la figura 62 el coeficiente de correlación (R) entre los SST y pH es de 0,403; esto quiere decir que es directa moderada, es decir, si los valores de los SST aumentan, entonces, los valores del pH también aumentan. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación moderada determinan que no puede utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de los SST y pH.

Figura 62

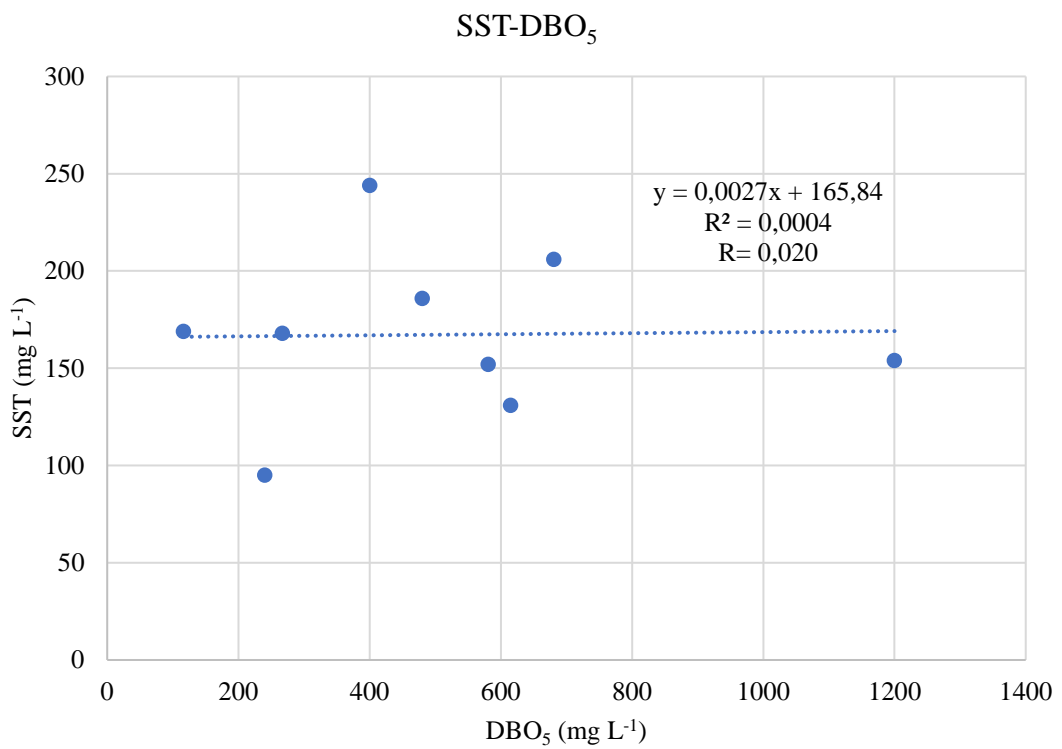
Correlación de la SST y el pH en el efluente del biodigestor



En la figura 63 el coeficiente de correlación (R) entre los SST y DBO₅ es de 0,020; esto quiere decir que es directa muy baja, es decir, si los valores de los SST aumentan, entonces, los valores de la DBO₅ también aumentan. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación muy baja determinan que no puede utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de los SST y DBO₅.

Figura 63

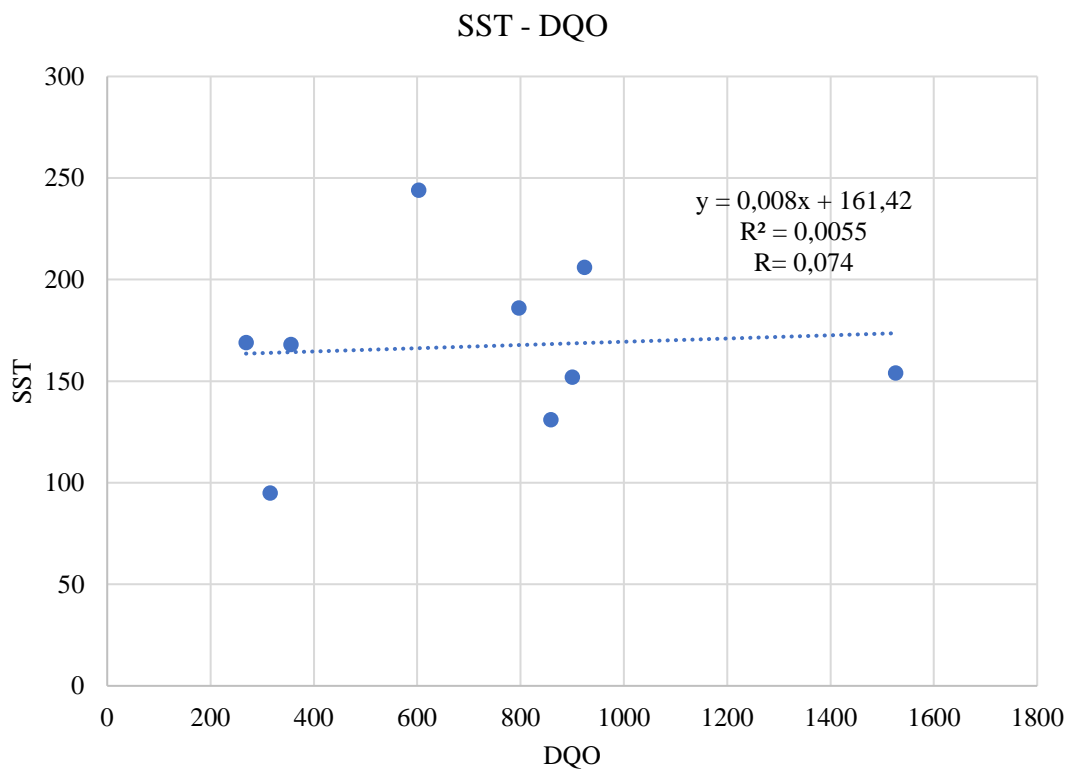
Correlación de la SST y la DBO₅ en el efluente del biodigestor



Según la figura 64 el coeficiente de correlación (R) entre los SST y DQO es de 0,074; esto quiere decir que es directa muy baja, es decir, si los valores de los SST aumentan, entonces, los valores de la DQO también aumentan. La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia y la correlación muy baja determinan que no puede utilizarse la ecuación modelo para realizar proyecciones de los SST y DQO.

Figura 64

Correlación de la SST y en la DQO efluente del biodigestor



4.1.3. Comparación con los LMP

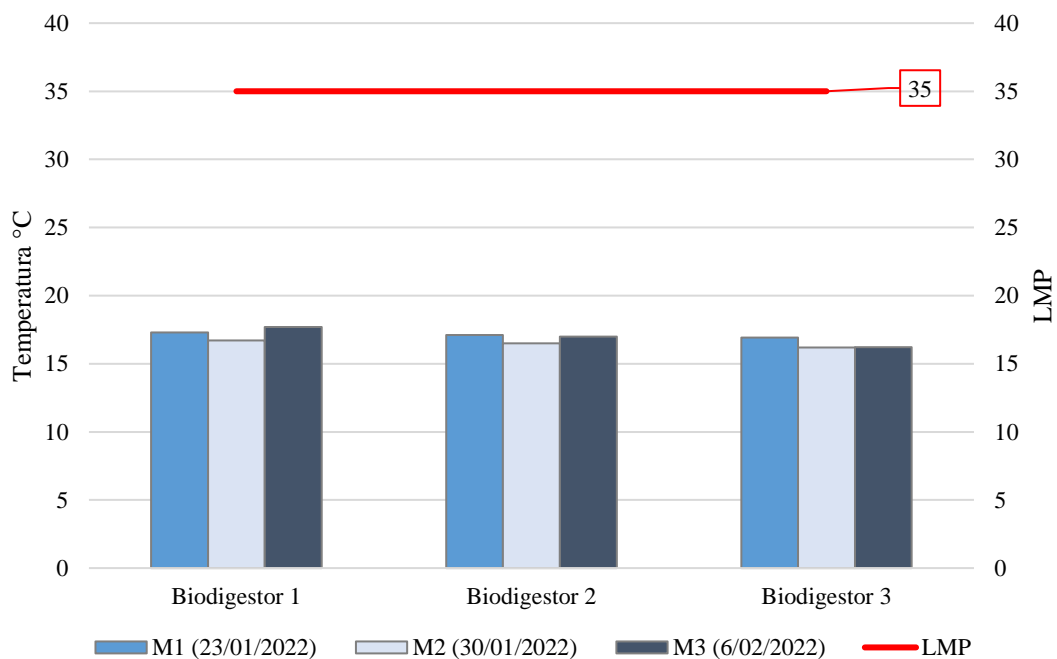
A continuación, se muestran los resultados obtenidos después de analizar las muestras en el efluente (salida del biodigestor) y compáralos con los LMP para conocer si estos se encuentran dentro de los límites permitidos.

4.1.3.1. Temperatura

Como se observa en la figura 65 durante los tres monitoreos la temperatura del agua residual en el efluente de los tres biodigestores evaluados fue en promedio 16,8 C° esto nos indica que los efluentes de los tres biodigestores monitoreados cumplen con los LMP debido a que sus valores no sobrepasan los 35 °C.

Figura 65

Comparación de la temperatura con los LMP para efluentes tratados



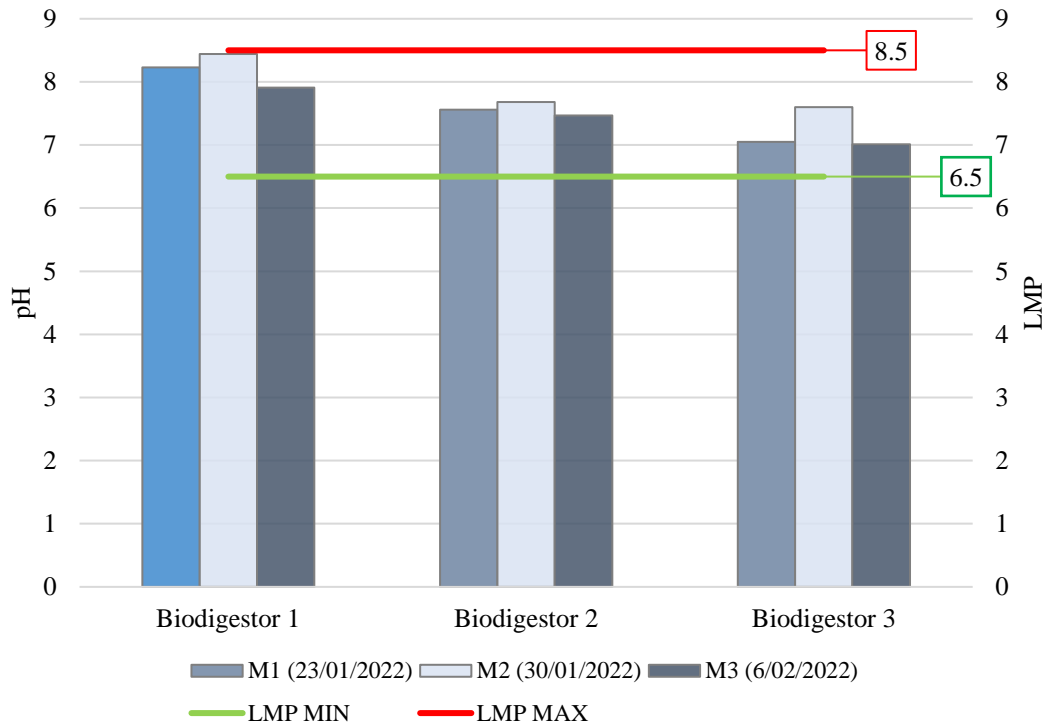
4.1.3.2. pH

Los valores de pH de los efluentes de los tres biodigestores se encuentran por encima del límite mínimo, pero no sobrepasan el límite máximo; el primer biodigestor en el segundo monitoreo posee el valor más alto comparado con los demás biodigestores

el cual es de 8,44; por lo tanto, se deducir que los efluentes en los tres biodigestores si cumplen con el LMP para este parámetro.

Figura 66

Comparación del pH con los LPM para efluentes tratados

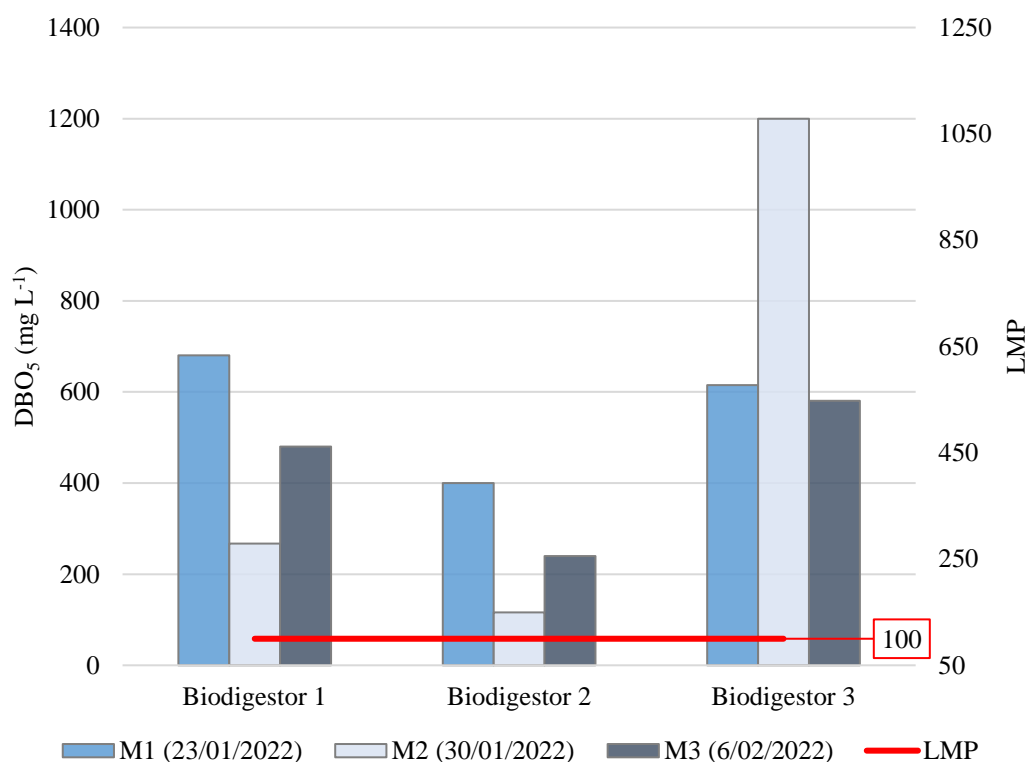


4.1.3.3.DBO₅

Las concentraciones de la DBO₅ en el efluente de los tres biodigestores monitoreados sobrepasan los 100 mg L⁻¹ establecidos en los LMP para efluentes tratados; por lo tanto, se deduce que estos biodigestores no cumplen con los LMP para este parámetro.

Figura 67

Comparación de la DBO₅ con los LPM para efluentes tratados

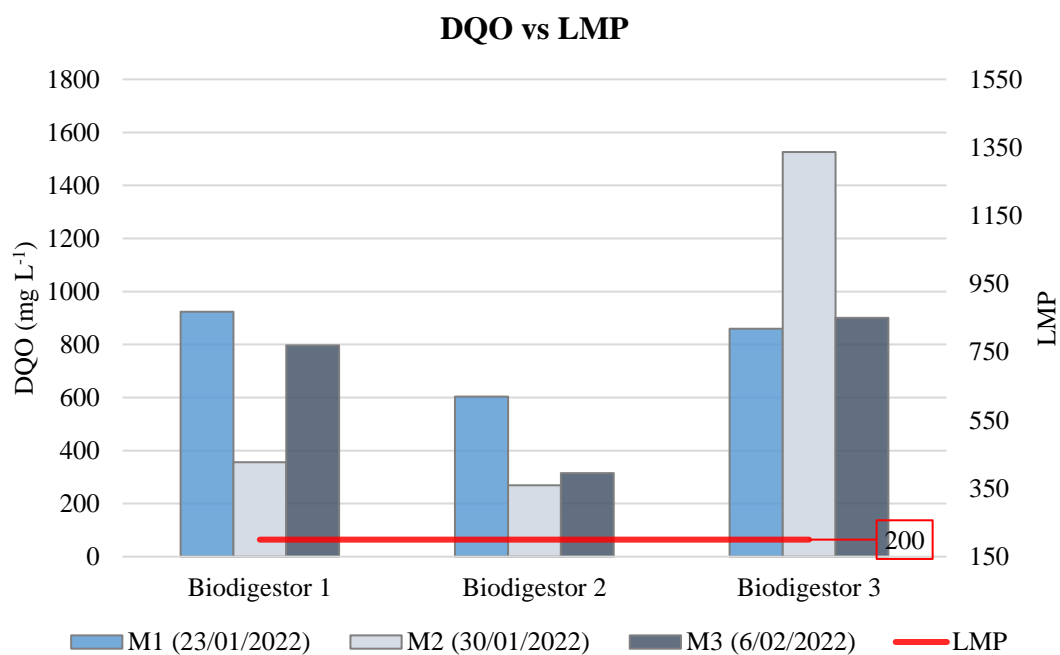


4.1.3.4.DQO

Las concentraciones de la DQO en los efluentes de los tres biodigestores durante las tres fechas de monitoreo sobrepasan los LPM establecidos para efluentes tratados, esto indica que no cumplen con la normativa para este parámetro. El máximo valor encontrado fue de 1 525,9 mg L⁻¹ perteneciente al segundo monitoreo del tercer biodigestor.

Figura 68

Comparación de la DQO con los LPM para efluentes tratados

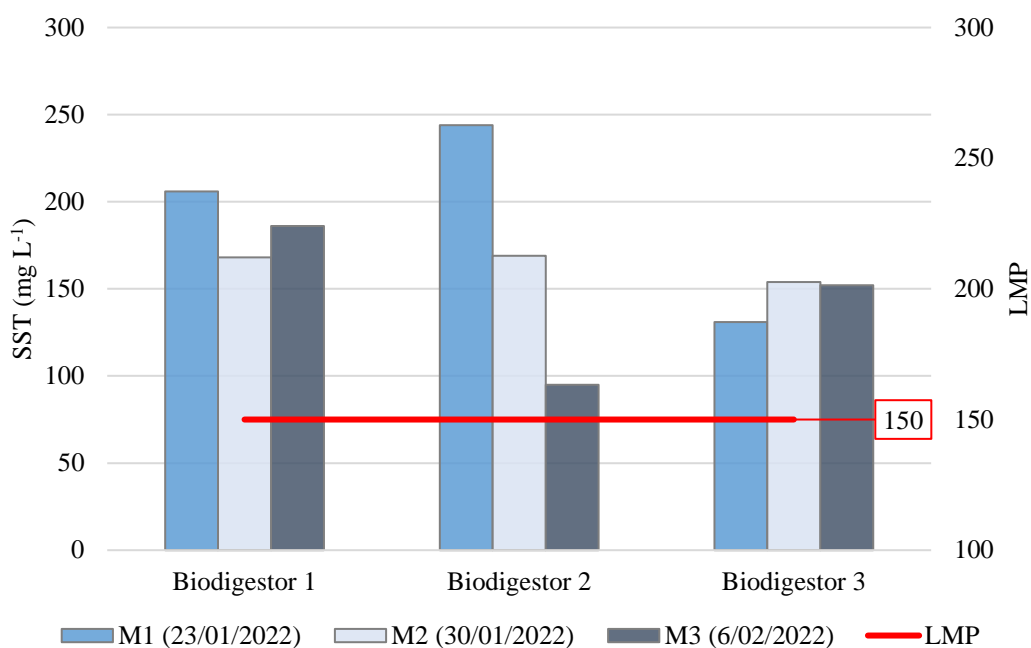


4.1.3.5.SST

Como se observa en la figura 69 el LMP para concentraciones de SST es de 150 mg L⁻¹, por lo que se deduce que las concentraciones encontradas en los tres biodigestores afluente de los tres biodigestores son mayores que el LMP que es de 150 mg L⁻¹.

Figura 69

Comparación de la SST con los LPM para efluentes tratados



4.1.4. Eficiencia de remoción de los biodigestores

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO Y SST de cada uno de los biodigestores monitoreados durante los meses de enero y febrero.

4.1.4.1. Eficiencia de remoción para la DBO₅

Como se observa en la tabla 16 la eficiencia de remoción promedio para la DBO₅ durante los tres monitores fue de 54, 14% en el primer biodigestor; 89,25% en el segundo y 87,94% en el tercero. El segundo biodigestor presentó mayor eficiencia de remoción para este parámetro en comparación con los otros biodigestores monitoreados.

Tabla 16*Eficiencia de remoción de la DBO₅*

Biodigestor	Monitoreos	Afluente	Efluente	Eficiencia
Biodigestor 1	23/01/2022	1 301,3	680,5	47,71%
	30/01/2022	410,1	267	34,89%
	6/02/2022	2 380,8	480,3	79,83%
Promedio		1 364,07	475,93	54,14%
Biodigestor 2	23/01/2022	3 101	400,1	87,10%
	30/01/2022	5 205	116	97,77%
	6/02/2022	1 402,5	240	82,89%
Promedio		3 236,17	252,03	89,25%
Biodigestor 3	23/01/2022	8 303	615	92,59%
	30/01/2022	9 201	1 200	86,96%
	6/02/2022	6300	580,5	90,79%
Promedio		7 934,67	798,50	87,94%
Promedio total		4 178,30	508,82	77,11%

4.1.4.2.Eficiencia de Remoción para la DQO

La eficiencia de remoción para la DQO fue mayor en el segundo biodigestor con un promedio de remoción del 91%. El primer y tercer biodigestor lograron una remoción del 57,75% y 84,87%, respectivamente.

Tabla 17*Eficiencia de remoción de la DQO*

Biodigestor	Monitoreos	Afluente	Efluente	Eficiencia
Biodigestor 1	23/01/2022	1 803,3	923,9	48,77%
	30/01/2022	710	355,6	49,92%
	6/02/2022	3 132,1	796,9	74,56%
Promedio		1 881,8	692,13	57,75%
Biodigestor 2	23/01/2022	4 726,5	603	87,24%
	30/01/2022	7 052,7	268,7	96,19%
	6/02/2022	2 664,1	315,5	88,16%
Promedio		4 814,43	395,73	91%
Biodigestor 3	23/01/2022	12 266,8	859	93,00%
	30/01/2022	16 278,2	1 525,9	90,63%
	6/02/2022	8 503,8	900,5	89,41%
Promedio		12 349,60	1 095,13	84,87%
Promedio total		6 348,61	727,67	77,71%

4.1.4.3. Eficiencia de Remoción para la SST

La eficiencia de remoción de los SST fue mayor en el tercer biodigestor logrando una remoción de 98,10% para este parámetro, el primer biodigestor realizó una remoción del 81,06% y el segundo de 90,44%.

Tabla 18

Eficiencia de remoción de los SST

Biodigestor	Monitoreos	Afluente	Efluente	Eficiencia
Biodigestor 1	23/01/2022	990	206	79,19%
	30/01/2022	1 035	168	83,77%
	6/02/2022	940	186	80,21%
Promedio		988,33	186,67	81,06%
Biodigestor 2	23/01/2022	3 780	244	93,54%
	30/01/2022	1 740	169	90,29%
	6/02/2022	760	95	87,50%
Promedio		2 093,33	169,33	90,44%
Biodigestor 3	23/01/2022	4 220	131	96,90%
	30/01/2022	3 750	154	98,88%
	6/02/2022	4 400	152	98,54%
Promedio		4 123,33	145,67	98,10%
Promedio total		2 401,67	167,22	89,87%

4.2. Contrastación de la Hipótesis

Para la contrastación de la hipótesis primero se realizó el test de normalidad con la finalidad de conocer la distribución de los datos encontrados, para ello se planteó las siguientes hipótesis:

$$H_0 = \text{Los datos siguen una distribución normal}$$

$$H_a = \text{Los datos no siguen una distribución normal}$$

Se empleó un nivel de significancia del 95% y un margen de error del 5% y se aplicó el modelo estadístico de Shapiro-Wilk debido a que los datos que fueron analizados son menores a 50.

Para aceptar la hipótesis se tomaron los siguientes criterios:

$$\text{Si } p - \text{valor} < 0,05 \rightarrow \text{Se rechaza la } H_0$$

Si $p - valor \geq 0,05 \rightarrow$ Se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

Después de aplicar la prueba de normalidad en el programa estadístico RStudio, se determinó que los datos para cada parámetro en el afluente y efluente de los biodigestores son mayores a 0,05; por lo que se acepta la H_0 ; es decir los datos evaluados siguen una distribución normal (Tabla 19).

Tabla 19

Resultados del test de normalidad (Shapiro-Wilk) para los parámetros evaluados en el afluente y efluente

Parámetro	Test Shapiro-Wilk			
	Afluente		Efluente	
	Estadístico (W)	p-valor	Estadístico (W)	p-valor
Temperatura	0,975	0,931	0,964	0,834
pH	0,933	0,513	0,951	0,702
DBO ₅	0,916	0,357	0,915	0,356
DQO	0,911	0,325	0,907	0,293
SST	0,847	0,069	0,984	0,980

4.2.1. Prueba de Hipótesis

Después de realizar la prueba de normalidad en donde se comprueba que los datos tienen una distribución normal, se realizó el análisis de la prueba de hipótesis mediante la t-Student, debido a que esta prueba se aplica para datos menos a treinta con distribución normal. La prueba t-Student se aplicó con la finalidad de aceptar o rechazar la hipótesis; se trabajó con un nivel de significancia del 95% y un margen de error del 0,05.

Las hipótesis formuladas para el objetivo general son:

H_a = La eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO y SST de los biodigestores instalados en la comunidad de Cabracancha es mayor al 50%

Si $p - valor < 0,05 \rightarrow$ Se rechaza la H_0

H₀ = La eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO y SST de los biodigestores instalados en la comunidad de Cabracancha es menor al 50%

Si $p - valor \geq 0,05 \rightarrow$ Se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

Las hipótesis formuladas para el objetivo específico número tres son:

H_a= Los efluentes de los biodigestores evaluados cumplen con los LMP establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM.

H₀ = Los efluentes de los biodigestores evaluados no cumplen con los LMP establecidos por D.S. N° 003-2010-MINAM.

Para rechazar o aceptar la hipótesis se debe comparar el p-valor obtenido luego de analizar los datos mediante la t-Student con los siguientes criterios.

Si $p - valor < 0,05 \rightarrow$ Se rechaza la H_0

Si $p - valor \geq 0,05 \rightarrow$ Se acepta la H_0 y se rechaza la H_a

4.2.1.1. Prueba de Hipótesis para la Eficiencia de Remoción de la DBO₅, DQO Y SST

El contraste de la hipótesis realizada para comprobar la eficiencia de remoción de los parámetros evaluados mediante t-Student demostró que el p-valor para la remoción de la DBO₅ fue de 0,003; para la DQO fue de 0,02 y para los SST de 0 (tabla 20); por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que indica que la eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO y SST de los biodigestores instalados en la comunidad de Cabracancha es mayor al 50%.

Tabla 20

Valores estadísticos de la prueba de hipótesis para la eficiencia de remoción de la DBO₅, DQO y SST

Prueba de hipótesis	DBO₅	DQO	SST
Media	0,77	0,69	0,89
N	9	9	9
Desviación estándar	0,21	0,23	0,07
Intervalo de confianza Inferior	0,61	0,51	0,84
Intervalo de confianza Superior	0,94	0,86	0,95
T-Student	3,81	2,45	16,87
P-valor	0,003	0,02	0,00

4.2.1.2. Prueba de hipótesis para de DBO₅ y el cumplimiento con los LMP

Los LMP establecidos mediante D.S. 003-2010-MINAM establecen que las aguas tratadas antes de ser vertidas no deben sobrepasar los niveles permitidos, dentro de esta normativa el LMP para DBO₅ es de 100 mg L⁻¹; para la DQO es de 200 mg L⁻¹, y para los SST de 150 mg L⁻¹. Al realizar la prueba de hipótesis los valores de t- Student encontrados para la DBO₅, DQO y SST fueron de 2,87; 1,95 y 1,21, respectivamente así mismo el p-valor de cada uno de ellos fue de 0,990 para la DBO₅, 0,956 para la DQO y 0,869, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula debido a que los p-valores son mayores a 0,05, esto quiere decir que los efluentes de los biodigestores no cumplen con los LMP establecidos en la normativa.

Tabla 21

Valores del p-valor para prueba de hipótesis

Parámetros	Valor T	Valor p
DBO ₅	2,87	0,990
DQO	1,95	0,956
SST	1,21	0,869

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Temperatura

Los resultados obtenidos muestran que la temperatura del afluente en los tres biodigestores oscilan entre 16,22 °C y 17,23 °C, mientras que en el efluente los valores de la temperatura oscilan entre 16,45 °C y 17,23 °C. Asimismo, la temperatura promedio total al ingreso de los biodigestores evaluados fue de 16,74 °C, la cual se incrementó en 0,11 °C a la salida del mismo; el incremento puede ser causado por cambios meteorológicos (días soleados), así como por el color negro del biodigestor que capta y retiene los rayos solares, aumentando así la temperatura en su interior; es decir que el biodigestor actúa como un aislante térmico.

Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Domínguez y Rojas (2019) en cuyo estudio la temperatura en el efluente del biodigestor evaluado fue mayor en 0,27 °C respecto al valor del afluente. Cabe señalar que en la comunidad de Cabracancha predomina suelos arcillosos y según Cherlinka (2021) este tipo de suelo tienen mayor capacidad térmica a comparación de otros, esto podría ser un factor importante debido a que los biodigestores fueron enterrados en el suelo.

En este sentido, según León (2018), la temperatura es uno de los parámetros que tiene gran influencia en los tratamientos anaerobios de aguas residuales; el aumento de temperatura mejora el crecimiento de los microorganismos, por consiguiente, la tasa de biodegradabilidad también aumenta.

Cabe señalar que por encima de los 15° C la eficiencia de estos tratamientos aumentará, por lo tanto, estos tipos de tratamientos se recomiendan para lugares de climas cálidos debido a que las altas temperaturas mejoran la descomposición de la materia orgánica (Domínguez y Rojas, 2019); sin embargo, a pesar de que la comunidad de Cabracancha tenga un clima frío los resultados encontrados en esta investigación muestran que la temperatura tanto del afluente

como los efluentes son mayores a los 15 °C lo cual cumple con la teoría de Domínguez y Rojas, (2019) ; además los resultados encontrados cumplen con los LMP.

4.3.2. pH

Los resultados obtenidos muestran que los valores de pH en el afluente oscilan entre 7,63 y 8,53; mientras que en el efluente oscila entre 7,22 y 8,19. La medición de pH se realizó por triplicado en los tres biodigestores obteniendo un promedio total de 8,23 en el afluente y 7,66 en el efluente; por lo tanto, se evidenció una reducción de pH en el efluente.

Los resultados de esta investigación se asemejan a los encontrados por Cubillas y Huertas (2018) quienes señalan que la disminución del pH se debe a las reacciones de fermentación realizadas por bacterias acidogénicas. Según Cáceres y Rincón (2018), la fermentación provoca una disminución en el pH debido a la formación de ácidos.

El pH de las aguas residuales disminuye después de un tratamiento anaeróbico debido a la producción de ácidos durante la fase de fermentación; sin embargo, durante la fase de descomposición de proteínas se producen compuestos de amoníaco que neutralizan los ácidos llegando a estabilizar el pH (Domínguez y Rojas, 2019).

Asimismo, Jacobo et al. (2018) señalan que para un óptimo desarrollo microbiano la digestión anaeróbica requiere un pH entre 6,3 y 8,5; por lo tanto, los resultados muestran que el proceso se desarrolló dentro del rango requerido. Cabe señalar que el control del pH en las aguas residuales es de gran importancia para los procesos biológicos debido a que un pH inadecuado puede ser perjudicial para las bacterias que participan en el tratamiento anaeróbico (Castro et al., 2019). Al comparar los resultados obtenidos con los LMP, resultó que el efluente de los tres biodigestores evaluados se encuentra dentro de los límites establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM.

4.3.3. DBO₅

Según los resultados obtenidos las concentraciones promedio de la DBO₅ en el afluente fue de 4 178,3 mg L⁻¹, la cual disminuyó considerablemente a la salida del biodigestor (efluente), llegando a 508,82 mg L⁻¹, como lo muestra también Domínguez y Rojas (2019) en su investigación, en donde también se encontró una reducción de la DBO₅ a la salida del biodigestor; esta reducción se debe a que las bacterias utilizan oxígeno para la descomposición de la materia orgánica; además, cuando existe mayor materia orgánica los microorganismos requieren mayor cantidad de oxígeno.

Según Prudencio y Vargas (2018), la DBO₅ es la cantidad de oxígeno que los microorganismos utilizan para oxidar la materia orgánica biodegradable; por lo tanto, los valores encontrados en esta investigación muestran que se ha tenido una alta remoción de la materia orgánica, debido a que los microorganismos han consumido gran cantidad de la misma.

4.3.4. DQO

De los resultados obtenidos se observa que las concentraciones de la DQO al ingreso de los biodigestores disminuyó considerablemente a la salida de este, al ingreso en promedio se obtuvo 6 348,61 mg L⁻¹ y a la salida 727,67 mg L⁻¹; estos cambios indican que los procesos que ocurren dentro del biodigestor reducen considerablemente las concentraciones de la DQO en las aguas residuales, tal como lo indica León (2018) en su investigación, donde también se evidenció una variación positiva en las concentraciones la DQO.

Según Ramírez (2022), la DQO siempre es mayor que la DBO debido a que la cantidad de sustancias que se oxidan químicamente siempre son mayores a las de oxidación biológica. En esta investigación si se cumple con esta teoría; se evidencia que tanto en el afluente y efluente de los biodigestores las concentraciones de la DQO son mayor a la DBO.

4.3.5. SST

Como se observa en los resultados se obtuvo una alta remoción de SST debido a que se tiene un valor promedio de $2\,401,67\text{ mg L}^{-1}$ en el afluente, el cual disminuye considerablemente a $167,22\text{ mg L}^{-1}$ en el efluente. Cabe señalar que la concentración de SST es uno de los parámetros que determinan la calidad de agua, estos contaminantes están compuestos por elementos orgánicos e inorgánicos. Según Cubillos y Huertas (2018), los tratamientos anaeróbicos son una buena alternativa para la remoción de los SST, esta teoría concuerda con lo encontrado en esta investigación debido a que las concentraciones de SST disminuyeron considerablemente después de pasar por el biodigestor.

Investigaciones similares como la de Domínguez y Rojas (2019) coincidieron al encontrar una reducción de las concentraciones de los SST en el efluente, esto se debe a la sedimentación de sólidos que luego forman lodos y también a que algunos son atrapados por los aros Pet que contiene el biodigestor.

4.3.6. Eficiencia de Remoción de la DBO₅, DQO, SST y Comparación con los LMP

Los resultados obtenidos muestran una eficiencia de remoción del 77,84% para la DBO₅; 79,76% en la DQO, y 89,32% para los SST; sin embargo, las concentraciones encontradas en el efluente sobrepasan los LMP establecidos mediante el D.S. N° 003-2010-MINAM. Según Lorenzo y Obaya (2005), los tratamientos anaeróbicos son eficientes y económicos para la remoción de materia orgánica en las aguas residuales domésticas; sin embargo, la disposición final del efluente dependerá del grado de remoción de los contaminantes y de las normativas vigentes para dichos vertimientos; por lo tanto, si un tratamiento remueve más del 50% de los contaminantes, pero no cumple con la normativa vigente, se debe implementar un tratamiento secundario como pueden ser los humedales artificiales que son tratamientos amigables con el medio ambiente.

Existen investigaciones en donde se han encontrado una eficiencia de remoción mayor al 80%; sin embargo, esto no ha garantizado la calidad del efluente para su vertimiento, tal es el caso de Cubillos y Huertas (2018), quienes implementaron un biodigestor a escala piloto para la remoción de materia orgánica de aguas residuales, así pudieron comprobar que este tenía una eficiencia de remoción alta, pero no se logró la remoción esperada para cumplir con la normativa vigente en su país.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Las aguas residuales evaluadas en el afluente de los tres biodigestores mostraron una temperatura promedio de 16,74 °C; un pH promedio de 8,23; una concentración promedio de DBO₅ de 4 178,30 mg L⁻¹; una concentración promedio de DQO de 6 348 mg L⁻¹, y una concentración promedio de SST de 2 401,67 mg L⁻¹.
- El efluente en los tres biodigestores, presentó una temperatura promedio de 16,85 °C; un pH de 7,66. En tanto, las concentraciones promedio de DBO₅ fue de 508,82 mg L⁻¹; con respecto a la DQO, se obtuvo un promedio de 727,67 mg L⁻¹ y la concentración promedio de los SST fue de 167, 22 mg L⁻¹.
- Los biodigestores instalados en el sector 1 de la comunidad de Cabracancha son eficientes en la remoción de la DBO₅, DQO y SST en un 77,84%; 79,76% y 89,32%, respectivamente, sin embargo, los efluentes procedentes de estos no cumplen los LMP establecidos mediante D.S. N° 003-2010-MINAM.

5.2. Recomendaciones

- A la Municipalidad Provincial de Chota, evaluar un tratamiento secundario para los efluentes provenientes de los biodigestores con la finalidad de cumplir con las normativas vigentes para el vertido de aguas residuales.
- A las empresas ejecutoras de los proyectos de saneamiento rural, ejecutar correctamente el componente de capacitación o educación sobre el correcto uso y mantenimiento de los biodigestores.
- A los usuarios de la comunidad de Cabracancha, no sobrecargar la capacidad indicada en las fichas técnicas del biodigestor porque esto genera deficiencias en el tratamiento.

- A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, implementar los laboratorios para que la comunidad universitaria pueda efectuar sus análisis para el desarrollo de sus investigaciones.

Capítulo VI

Referencias

- Aguilar Aliaga, M. A. (2018). *Nivel de eficiencia del sistema de biodigestores en el caserío El Tingo – Celendín, Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Archivo digital.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14740/Aguilar%20Aliaga%20Marco%20Antonio.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Aguirre-Solís, S., Vargas, M., Zeron, M., Cruz, M. y Flores, S: (2018). Tratamiento primario de aguas servidas mediante tanque séptico en urbanización de Lurigancho, Lima. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(2), 29-41. <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i2.1095>
- Banco Mundial [BM]. (2012, 01 de enero). *Convirtiendo en realidad el saneamiento rural sostenible. La experiencia en Ecuador*.
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/513811468048533730/convirtiendo-en-realidad-el-saneamiento-rural-sostenible-la-experiencia-en-ecuador>
- Bermeo Matute, N. D. y Salazar Vallejo, F. P. (2013). *Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6215/1/UPS-GT000524.pdf>
- Bermeo, G. M., Bonilla, B. S. y Coloma, T. W. (2017). *Neutralización: Aplicado a aguas residuales* (1ra ed.). Cámara Ecuatoriana del Libro.
http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/69/3/ilovepdf_merged-6-ilovepdf-compressed.pdf

- Cabezas-Sánchez, C. Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Medicina Peruana y Salud Pública*, 35(2), 309-16.
<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3761>
- Cáseres Cáseres, K. T. y Rincón Pérez, A. (2018). *Evaluación del potencial bioquímico de metano del agua residual de la UPB seccional Bucaramanga, variando las condiciones iniciales de pH y materia orgánica*. [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana]. Archivo digital.
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5171/digital_36273.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrión-Villares, J., Villacrés, E, Peralta, E. y Ramos, M. (2006). Reutilización del efluente del desamargado de Chocho (*Lupinus mutabilis sweet*). *Ciencia e Ingeniería*, 17(1), 85-93.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2766/1/iniapscR2008v17n1p85.pdf>
- Castro-Olarte, J., Cabrera, Y., Gonzales, T. y Sumarriva, L. (2019). Remoción de materia orgánica en reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente en el tratamiento de aguas residuales del camal de Huancavelica. *Sociedad Química del Perú*, 85(3), 362-375.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000300008&script=sci_arttext
- Cubillos Sierra, D. M. y Huertas Huertas, D. M. (2018). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas en la institución educativa agrícola Guacavia, Cumaral, Meta*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas]. Archivo digital. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15536>

- Chávez-Rivero, J., Pedrosa, A. y Maldonado, A. (2007). Biodigestores: Una alternativa de aprovechamiento integral de aguas residuales. *Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6(2),191-195. <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545069006.pdf>
- Cherlinka, V. (28 de julio 2021). *Temperatura del suelo para la siembra y el cultivo*. <https://eos.com/es/blog/temperatura-del-suelo/>
- De la Vega, M. (2012). *Eficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales contribución a la gestión y desarrollo social*. <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Agua%20y%20Saneamiento/Eficiencia%20en%20Plantas%20de%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales.pdf>
- Da Silva-Lanna, M., Aline, W., Castro, S., Reis, D., Fernández, L., Lago, S., Teresinha, L., Sousa, C., Chagas, I., Hernández, M., Rodríguez, D. & Fongaro, G. (2019). Household-based biodigesters promote reduction of enteric virus and bacteria in vulnerable and poverty rural area. *Environmental Pollution*, 252, 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.104>
- Decreto Supremo 002 de 2012. (2012, 7 de enero). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Crean el Programa Nacional de Saneamiento Rural. Diario Oficial El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/3310632-002-2022-vivienda>
- Decreto Supremo 003 de 2010. (2010, 17 de marzo). Ministerio del Ambiente. Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas municipales. Diario Oficial El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/317434-003-2010-minam>
- Domínguez Ccaycuri, L. M. y Rojas Leonardo, K. V. (2019). *Eficacia de los biodigestores autolimpiables en las Unidades Básicas de Saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-*

- AH) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Huamdo, 2019. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Archivo digital. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/9104123e-51a9-4cb5-9d5c-93c44e5a45bb>
- Frías Quiñones, T. y Montilla Cabudiva, L. (2016). *Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Archivo digital. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%C3%8DAS-MONTILLA-Evaluaci%C3%B3n-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cajigas, C. (2005). Importancia del pH y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. *Scientia Et Technica*, 11(27), 243-248. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911698045.pdf>
- Global Nature Fund. (2017). *Manual sistemas de tratamiento de aguas residuales y manejo de biodigestores domiciliare*s. https://issuu.com/asociacionvivamosmejor/docs/manual_aguas_residuales26-04-2012/1
- Granata, F., Papirio, S., Esposito G., Gargano, R. y de Marinis, G. (2017). Machine Learning Algorithms for the Forecasting of Wastewater Quality Indicators. *Water*, 9(2), 105. <https://doi.org/10.3390/w9020105>
- Huaman Huamani, J. y Romero Gómez, J. M. (2020). *Incidencias en la factibilidad técnica y económica por exposición y contaminación de las USB, en la localidad de San Isidro de Ampurhuay -Huancavelica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Archivo digital. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/c0b18d57-0e49-4c0a-85c7-6a6d2db09b6f>
- Humanante-Cabrera, J., Moreno, L., Grijalva, A., Saldoya, R. y Suárez, J. (2022). Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano

- y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar*, 19(2), 177-187.
<https://doi.org/10.17268/manglar.2022.022>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2020, 31 junio). *Perú: formas de acceso al agua y saneamiento básico*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
- Jacobo-López, A., Esparza, M., Chávez, M. y Fall, C. (2018). Tratamiento de un agua residual industrial a temperatura *Psicrofílica* con un reactor UASB. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35 (4), 905-915.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000400905
- Menendez Peralta, W. R. (2021). *Sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias con biodigestores para la comunidad El Ramito, Parroquia La Unión del Cantón Jipijapa*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Archivo digital.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2963>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2018, 31 de abril). *Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en ámbito rural*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2013, 08 de marzo). *Guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para Centros Poblados del ámbito rural*.
https://issuu.com/pnsr_pe/docs/guia_de_opciones_t__cnicas_web_ok
- Mori Leyva, K. S. (2021). *Eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción de la carga orgánica y sólidos de un efluente del beneficio Cárnico, en Celendín*. [Tesis de

- pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital.
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bjK1HRujy5gJ:https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4154&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>
- Mora-Orozco, C., Saucedo, R., Gonzáles, I., Gómez, S. y Flores, H. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 1-17.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v11s2/2448-6698-rmcp-11-s2-1.pdf>
- Municipalidad de Provincial de Chota [MPCH]. (2015, 31 de mayo). *Memoria descriptiva del proyecto: Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y saneamiento en los sectores 1, 2, 3, 4, centro de Cabracancha e Iraca grande, distrito de Chota, provincia de Chota -Cajamarca.*
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020). *Estado mundial del Saneamiento: Un llamamiento urgente a transformar el saneamiento para mejorar la salud, los entornos, las economías y las sociedades.*
<https://www.unicef.org/media/102811/file/Estado%20Mundial%20del%20Saneamiento.pdf>
- Navarrete Benavides, A. A. (2020). *Propuesta de mejora de procesos para la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Funza (cundinamarca).* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas]. Archivo digital.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28973/2020andresnavarrete.pdf?sequence=1>
- León Huallpa, E. F. (2018). *Evaluación de la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Chibaya Baja – Torata – Moquegua.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Archivo digital.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_7f32a136508da3d9babd76df880d1919

Lizana Yarlequé, P. C. (2018). *Tratamiento de aguas residuales para el caserío Villa Palambra*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. Archivo digital. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3636>

López, C. (2011). *Manual de saneamiento básico para gobernaciones y municipios*. http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/manuales_de_saneamiento_basico_para_gobernaciones_y_municipios.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación [UNESCO]. (2019). *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos: No dejar a nadie atrás*. <https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/LecturasRecomendadas/2019/No-dejar-a-nadie-atrasC.pdf>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Organismo Mundial de la Salud [OMS]. (2022, 21 de marzo). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Organismo Mundial de la Salud [OMS]. (2022, 21 de marzo). *Saneamiento*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>

Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf

Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=t5w5EZf1VhMC&oi=fnd&pg=PP17&d>

q=aguas+residuales&ots=Mx_anDBpPi&sig=1HIU4wxj8j3URpqYi1AbVK6EEnI#v
=onepage&q=aguas%20residuales&f=false

Pacheco, J. y Magaña, A. (2003). Arranque de un reactor anaerobio. *Ingeniería*, 7(1), 21-25.

<https://www.redalyc.org/pdf/467/46770102.pdf>

Pérez, C., León, F., y Delgadillo, G. (2013). *Tratamiento de aguas*.

http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo_editorial/comite_editorial/manuales/tratamiento_de_aguas_manualprac.pdf

Prudencio Gonzales, J. y Vargas Simeón, R. O. (2018). *Eficiencia de los biodigestores prefabricados en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la localidad de Ñausilla*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Archivo digital.

<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4408>

Raffo-Lecca, E. y Ruiz, E. (2005). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 100(1), 71-80.

<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Ramallo, R. S. (2003). *Tratamiento de las aguas residuales*. Editorial Reverte, S. A.

https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&dq=aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Ramírez Neira, C. P. (2022). *Optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante reactor anaerobio de flujo ascendente con filtros percoladores, en la localidad de Laberinto, Madre de Dios*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Archivo digital.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_c2a9d1bc9b48d1736604cee9473d4359

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_c2a9d1bc9b48d1736604cee9473d4359

Resolución Ministerial 189 de 2017. (2017, 29 de mayo). Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Modifican los lineamientos para la formulación de programas o

- proyectos de agua y saneamiento para los centros poblados del ámbito rural, la R.M. N° 201-2012-VIVIENDA y la guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural. Diario Oficial El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/12237-189-2017->
- Ríos Garay, J. G. y Cisneros Pariona, L. Z. (2019). *Eficiencia de un biodigestor en el tratamiento de agua residual doméstica a nivel familiar en la asociación Los Víquez, Carapongo – Lurigancho Chosica – Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Archivo digital. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1815>
- Ríos, S., Agudelo, R. y Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Facultad Nacional de. Salud Pública*, 35(2), 236-247. DOI: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Rivas, L. A. (2017). *Elaboración de tesis: estructura y metodología*. México: Trillas. https://www.researchgate.net/publication/318969826_Elaboracion_de_Tesis_Estructura_y_Metodologia
- Rojas, R. (2002). *Conferencia: Sistemas de tratamiento de aguas residuales*. <https://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales.html>
- Romero, J. (2008). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Editor Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera Edición, Colombia. <https://unilibros.co/gpd-tratamiento-de-aguas-residuales-teoria-y-principios-de-diseno.html>
- Rotoplas. (2018). *Ficha técnica biodigestor autolimpiable*. <https://www.proconsrl.com/pdfs/3.pdf>

- Samboni-Ruiz, N., Carvajal, Y., y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación de agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019
- Schober, P., MMedSta, B. y Schwarte, L. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia* 126(5), 1763-1768. https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2018/05000/correlation_coefficients__appropriate_use_and.50.aspx
- Secretaria del Agua (2016). *Soluciones individuales de saneamiento, en sectores afectados por el terremoto en las provincias de Manabí y Esmeraldas*. https://sheltercluster.s3.eu-central-1.amazonaws.com/public/docs/redhum-ec-soluciones_de_saneamiento_en_sectores_afectados_por_el_terremoto-senagua-20160610-mp-18608.pdf
- Sepúlveda, B. y Sierra, J. (2017). *Guía y herramienta computacional para el diseño hidráulico de un sistema de tratamiento preliminar (cribado y desarenador) de aguas residuales*. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/564/Sierra%20Mesa%2c%20Javier%20Alexander%20-%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vilanova, R., Santín, I. y Pedret, C. (2017). Control y operación de estaciones depuradoras de agua residual: Modelación y simulación. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 14, 217-233. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.05.004>
- Tomas- Carvalho, S., Mourão, L., Valgas, E. Moreira, J. & Neves, M. (2021). Improvement in the environmental quality of water supply sources after the implementation of septic tanks. *Technical article*, 82 (3), 82-87. http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1616702926_f39ecedb81faf49517fa743fc21ec6bf_625557234.pdf

Torres-Avalos, G. y Lozano, E. (2017). Disminución de sólidos de aguas grises mediante un proceso de aireación. *Ra Ximhai*, 13(3), 393-404.
<https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070023.pdf>

Capítulo VII

Anexos

7.1. Anexo N° 1: Panel fotográfico

Figura 70

Primer biodigestor para monitoreo



Figura 71

Segundo biodigestor para monitoreo



Figura 72

Tercer biodigestor para monitoreo



Figura 73

Toma de muestras en el primer biodigestor



Figura 74

Registro de temperatura y pH de las muestras



Figura 75

Embarazado de muestras para análisis de laboratorio



Figura 76

Colocación de las muestras en el cooler




Figura 77

Embalado de muestras



7.2. Anexo N° 2: Cadena de custodia

		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA													
Datos del cliente Razón Social: <u>Tania Yulissa Mega Torres</u> Persona de contacto: <u>Tania Yulissa Mega Torres</u> Correo / Teléfono: <u>ymegatorres@gmail.com / 982430955</u> Nombre del proveedor: <u>Empresa de remoción de la contaminación bacteriana de aguas y sólidos suspendidos totales de los bodegones instalados en Cabreconcha Cheto, 2022.</u> Procedencia o lugar de muestreo: <u>Cabreconcha - Cheto - Cajamarca</u>		Orden de servicio: <u>05-2022-0059</u> Pág. <u>1</u> de <u>1</u> Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo:		E: 098142 F: 098142 IV: 2023-Feb-13											
		PARAMETROS DE ENSAYO													
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		Preservantes	PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES	
				Grupo	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V		P	T° Mtra (°C)	pH (muestra en pH)	CE (uS/cm)		OD (mg/L)
1	EB1		F: 23/01/2022 H: 09:35 am	R	Doméstico	N	-	3	68	3	17.6	8.56			
2	SB1		F: 23/01/2022 H: 09:40 am	R	Doméstico	N	-	3	68	3	17.3	8.23			
3	EB2		F: 23/01/2022 H: 09:45 am	R	Doméstico	N	-	3	68	3	17.12	8.49			
4	SB2		F: 23/01/2022 H: 09:50 am	R	Doméstico	N	-	3	68	3	17.11	7.56			
5	EB3		F: 23/01/2022 H: 09:55 am	R	Doméstico	N	-	3	68	3	16.4	7.12			
6	SB3		F: 23/01/2022 H:	R	Doméstico	N	-	3	68	3	16.52	7.05			
7			F:			N									
8			F:			N									
		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA													
		Legenda													
		U.E: Conduktividad Eléctrica O.D: Oxígeno Disuelto													
		V: Vómito I: Mtra: temperatura de muestra T° Amb: temperatura ambiente													
		N: Norte E: Este P: Plático													
		Muestreado por: <u>Tania Yulissa Mega Torres</u> Fecha: <u>23/01/2022</u> Firma: <u>[Firma]</u>													
		Cliente: <u>Tania Yulissa Mega Torres</u> Fecha: <u>23/01/2022</u> Firma: <u>[Firma]</u>													
		Recepción de muestra: Nombre: <u>Tania Yulissa Mega Torres</u> Fecha: <u>23/01/2022</u> Firma: <u>[Firma]</u>													
		Observaciones / Comentarios													
		Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente													

Web site: www.alab.com.pe E-mail: grupo.comercial@alab.com.pe - RUC: 2000051901 - T: (01)451398 - (07)18038 Cel: 94599588 - 93264646

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

F. 001-142
R. 1
IV. 2008-Pe-13

Orden de servicio: 05-2022-0039 Pág. 1 de 1
Plan de Monitoreo:
Informe de ensayo:
Procedencia o lugar de muestreo: Cabocacueta - Chota - Cotacachi

Datos del cliente
Razón Social: Tania Yolissa Negro Torres
Persona de contacto: Tania Yolissa Negro Torres Correo / Teléfono: ynegrotorres@gmail.com / 982430955
Nombre del proyecto: Explotación de remedia de la planta bioquímica de exígeno demandado en la zona de oxígeno y séidos suspendidos totales de los bioreactores instalados en Cabocacueta, Chota - 2022.

Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARAMETRO IN SITU						OBSERVACIONES	
			Grupo	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V	P	T° Mtra (°C)	pH (unidades de pH)	CE (u/mcm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)		Cloro Total (mg/L)
1	EB1	F: 30/01/2022 H: 08:00 a.m.	☒	Doméstica	N	-	3	465	8.69						
2	SB1	F: 30/01/2022 H: 08:15 a.m.	☒	Doméstica	N	-	3	467	8.44						
3	EB2	F: 30/01/2022 H: 09:40 a.m.	☒	Doméstica	N	-	3	467	8.9						
4	SB2	F: 30/01/2022 H: 09:55 a.m.	☒	Doméstica	N	-	3	465	7.68						
5	EB3	F: 30/01/2022 H: 10:30 a.m.	☒	Doméstica	N	-	3	462	7.73						
6	SB3	F: 30/01/2022 H: 10:45 a.m.	☒	Doméstica	N	-	3	462	7.6						
7		F: H:			N										
8		F: H:			N										

Descripción de equipos utilizados:

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Observaciones / Comentarios

Legenda
 F: HORA N: NOMBRE V: VIDRIO T° Mtra: temperatura de muestra U: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
 H: HORA E: ESTILO P: PLÁSTICO T° Amb: temperatura ambiente OD: OXÍGENO DISUUELTO

Muestreado por: Tania Yolissa Negro Torres **Cliente:** Tania Yolissa Negro Torres
Fecha: 30/01/2022 **Recepción de muestra:** 30/01/2022
Firma: [Firma] [Firma]

Clasificación de la Matriz Agua, Ref. NTP 214.042

GRUPO	SUBGRUPO	TIPO DE GRUPO
AN: Agua Muestrada	SUBTERRENEA (Alimentar, Terrenal)	
AR: Agua Potable	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL	
AS: Agua para Uso y Consumo Humano	RESIDUAL Y AGUA ARTIFICIAL	
AT: Agua Sólida	DESAECHE Y SÓLIDOS	
AP: Agua de Proceso	ORGANISMO ESPORULADO - AGUA DE INFECCIÓN Y REINFECCIÓN	
	AGUA PURIFICADA - AGUA DE INFECCIÓN Y REINFECCIÓN	

Muestreado por: ALAB Cliente

Protección Zaramillo 142 02113 Asociación Daniel Hódar Carrón, Esfuerzo, Caba, Lina
 Web site: www.alab.com.pe Email: grupo.comercio@alab.com.pe - RUC: 206051917 - T: (01)631398 - (01)713038 - Cel: 94056598 - 92064659

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.

7.3.Anexo N° 3: Informes de Resultados



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-866

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : MEGO TORRES TANIA YULISSA
2.-DIRECCIÓN : JR. MARISCAL CASTILLA 651 - CHOTA - CAJAMARCA
3.-PROYECTO : EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DE LOS BIODIGESTORES DE CABRACANCHA, CHOTA, 2022.
4.-PROCEDENCIA : CABRACANCHA-CHOTA-CAJAMARCA
5.-SOLICITANTE : MEGO TORRES TANIA YULISSA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000000059-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-02-03

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 6
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-01-24
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022-01-24 al 2022-02-03

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-866**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-866

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-03183	M-22-03184	M-22-03185	M-22-03186			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	EB1	SB1	EB2	SB2			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	23-01-2022 09:30	23-01-2022 09:35	23-01-2022 09:40	23-01-2022 09:45			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	1 301,3	680,5	3 101,0	400,1
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	1 803,3	923,9	4 726,5	603,0
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	990,0	206,0	3 780,0	244,0

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-866

ITEM				5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-03187	M-22-03188
CÓDIGO DEL CLIENTE:				EB3	SB3
COORDENADAS:				NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :				23-01-2022 09:50	23-01-2022 09:55
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	8 303,0	615,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	12 266,8	859,0
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	4 220,0	131,0

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1267

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: MEGO TORRES TANIA YULISSA
2.-DIRECCIÓN	: JR. MARISCAL CASTILLA 651 - CHOTA - CAJAMARCA
3.-PROYECTO	: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DE LOS BIODIGESTORES DE CABRACANCHA, CHOTA, 2022.
4.-PROCEDENCIA	: CABRACANCHA - CHOTA - CAJAMARCA
5.-SOLICITANTE	: MEGO TORRES TANIA YULISSA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000000059-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-02-09

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 6
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-01-31
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-01-31 al 2022-02-09



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1267**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

"SMEWW" - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1267

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-04308	M-22-04309	M-22-04310	M-22-04311			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	EB1	SB1	EB2	SB2			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	30-01-2022 09:00	30-01-2022 09:15	30-01-2022 09:40	30-01-2022 09:55			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	410,1	267,0	5 205,0	116,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	710,0	355,6	7 052,7	268,7
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	1 035,0	168,0	1 740,0	169,0

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1267

ITEM				5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-04312	M-22-04313
CÓDIGO DEL CLIENTE:				EB3	SB3
COORDENADAS:				NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :				30-01-2022 10:30	30-01-2022 10:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	9 201,0	1 200,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	16 278,2	1 525,9
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	3 750,0	154,0

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1690

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: MEGO TORRES TANIA YULISSA
2.-DIRECCIÓN	: JR. MARISCAL CASTILLA 651 - CHOTA - CAJAMARCA
3.-PROYECTO	: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DE LOS BIODIGESTORES DE CABRACANCHA, CHOTA, 2022.
4.-PROCEDENCIA	: CABRACANCHA-CHOTA-CAJAMARCA
5.-SOLICITANTE	: MEGO TORRES TANIA YULISSA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000000333-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-02-17

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 6
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-02-07
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-02-07 al 2022-02-17



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1690**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales ⁽¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017 <input type="checkbox"/>	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

"SMEWW" - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1690

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-05434	M-22-05435	M-22-05436	M-22-05437			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	EB1	SB1	EB2	SB2			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	06-02-2022 09:00	06-02-2022 09:15	06-02-2022 09:20	06-02-2022 09:55			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	2 380,8	480,3	1 402,5	240,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	3 132,1	796,9	2 664,1	315,5
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	940,0	186,0	760,0	95,0

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-1690

ITEM				5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-05438	M-22-05439
CÓDIGO DEL CLIENTE:				EB3	SB3
COORDENADAS:				NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Doméstica	Agua Residual Doméstica
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO :				06-02-2022 09:20	06-02-2022 09:35
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	6 300,0	580,5
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	8 503,8	900,5
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	4 400,0	152,0

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

7.4. Anexo N° 4: Acreditación del laboratorio



DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN

1 de 15

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Ubicado en : Prolongación Zarumilla. Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Proceso : Reducción

Expediente N° : 0065-2021-DA

Informe Ejecutivo N° : 0131-2021-DA

Vigencia de la Acreditación : Del 2019-07-26 al 2023-07-25

Acreditado con la Norma : NTP-ISO/IEC 17025:2017

Código de Registro : LE – 096

Fecha de Actualización : 2021-05-13¹

Laboratorio : AMBIENTAL - AGUA
 Campo de Prueba : FISICOQUÍMICA (Incluye MUESTREO)

N°	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
1	ACEITES Y GRASAS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed.	2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
				Producto(s):
				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
				AGUA SALINA
2	ALCALINIDAD TOTAL, ALCALINIDAD POR CARBONATOS, ALCALINIDAD POR BICARBONATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23 rd Ed.	2017	Alkalinity. Titration Method
				Producto(s):
				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
3	AMONIO/ AMONIACO/ NITROGENO AMONIACAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 23 rd Ed	2017	Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
				Producto(s):
				AGUA NATURAL

¹ Es responsabilidad del laboratorio la revisión del presente alcance. En caso existan observaciones a dicho alcance, el laboratorio deberá informarlo al INACAL, con el debido sustento, en un plazo no mayor a 05 días útiles (contados a partir de recibido el presente documento), cumplido éste plazo no se aceptarán observaciones.

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
					AGUA SALINA
4	CIANURO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ C, F, 23 rd Ed.	2017	Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Cyanide-Selective Electrode Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
					AGUA SALINA
5	CIANURO WAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ I, F, 23 rd Ed.	2017	Cyanide. Weak Acid Dissociable. Cyanide-Selective Electrode Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
					AGUA SALINA
6	CLORURO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl-B, 23 rd Ed.	2017	Chloride. Argentometric Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
7	COLOR	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23 rd Ed.	2017	Color. Spectrophotometric - Single - Wavelength Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
8	CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed.	2017	Conductivity. Laboratory Method.	
				Producto(s):	AGUA DE MAR
					AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
9	CROMO HEXA VALENTE (VI)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr-B, 23 rd Ed.	2017	Chromium. Colorimetric Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

					AGUA RESIDUAL
					AGUA SALINA
10	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed	2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
					AGUA SALINA
11	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed.	2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
12	DETERGENTES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed.	2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
13	DUREZA CÁLCICA	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500- Ca-B, 23 rd Ed.	2017	Calcium. EDTA Titrimetric Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
14	DUREZA TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C, 23 rd Ed.	2017	Hardness. EDTA Titrimetric Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
15	FENOL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5530 B, C, 23 rd Ed.	2017	Phenols. Cleanup Procedure. Chloroform Extraction Method	
				Producto(s):	AGUA NATURAL
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
					AGUA RESIDUAL
					AGUA SALINA
16	FENOL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5530 B, D, 23 rd Ed.	2017	Phenols. Cleanup Procedure. Direct Photometric Method	

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

					AGUA NATURAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA RESIDUAL AGUA SALINA
17	FLUORURO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-F ⁻ C, 23 rd Ed	2017	Fluoride. Ion-Selective Electrode Method	
					AGUA NATURAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA RESIDUAL
18	HIDROCARBUROS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 F, 23 rd Ed.	2017	Hydrocarbons	
					AGUA NATURAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA RESIDUAL AGUA SALINA
19	NITRATOS / N-NITRATOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3 ⁻ E, 23 rd Ed.	2017	Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method	
					AGUA NATURAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA RESIDUAL AGUA SALINA
20	NITRITOS / N-NITRITOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO2 ⁻ B, 23 rd Ed.	2017	Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method	
					AGUA NATURAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA RESIDUAL
21	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F, 23 rd Ed.	2017	Solids. Settleable Solids	
					AGUA NATURAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUA RESIDUAL
22	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed.	2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	
					AGUA NATURAL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

				AGUA RESIDUAL
				AGUA SALINA
23	SÓLIDOS TOTALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 23 rd Ed.	2017	Solids. Total Solids Dried at 103-105°C
				AGUA NATURAL
			Producto(s):	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
24	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23 rd Ed.	2017	Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
				AGUA NATURAL
			Producto(s):	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
25	SULFATO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO42- E, 23 rd Ed.	2017	Sulfate. Turbidimetric Method
				AGUA NATURAL
			Producto(s):	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
26	SULFURO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-S2- D, 23 rd Ed.	2017	Sulfide. Methylene Blue Method.
				AGUA NATURAL
			Producto(s):	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
				AGUA SALINA
27	TURBIDEZ	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.	2017	Turbidity. Nephelometric Method
				AGUA DE MAR
			Producto(s):	AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL

Laboratorio : AMBIENTAL - AGUA.

Campo de Prueba : FISICOQUIMICA - QUÍMICA INSTRUMENTAL (Incluye MUESTREO)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
28	BORO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-B, 23rd Ed.	2017	Boron. Curcumin Method

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUAS NATURALES AGUAS RESIDUALES AGUAS SALINAS
29	BTEX	EPA Method 5021 A / EPA Method 8015 C	2007	Volatic Organic Copounds in Various Sample Matrices using Equilibrium Headspace Analysis / Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography	
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUAS NATURALES AGUAS RESIDUALES AGUAS SALINAS
30	CIANURO LIBRE	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN- F, 23rd Ed. 2017 / ASTM D7237-15a (VALIDADO - modificado)	2018	Cyanide-Selective Electrode Method / Standard Test Method for Free Cyanide and Aquatic Free Cyanide with Flow Injection Analysis (FIA) Utilizaing Gas Diffusion Separation and Amperometric Detection	
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUAS NATURALES AGUAS RESIDUALES AGUAS SALINAS
31	CLOROFILA	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 H, 23rd Ed.	2017	Plankton. Chlorophyll	
					AGUAS NATURALES AGUAS SALINAS
32	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 A, 2 .D, 23rd Ed. 2017 (VALIDADO - modificado)	2018	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method	
					AGUA DE MAR
33	FOSFATOS O FOSFORO REACTIVO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P, E, 23rd Ed.	2017	Phosphorus. Ascorbic Acid Method	
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUAS NATURALES AGUAS RESIDUALES AGUAS SALINAS
34	FOSFORO REACTIVO DISUELTO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P, E 23rd Ed.	2017	Phosphorus. Ascorbic Method	
					AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AGUAS NATURALES

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

				AGUAS RESIDUALES
				AGUAS SALINAS
35	FÓSFORO TOTAL	SMEWW:APHA-AWWA-WEF Part 4500-P, B (item 3) y E, 23rd Ed.	2017	Phosphorus. Ascorbic Acid Method
			Producto(s):	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUAS NATURALES
				AGUAS RESIDUALES
				AGUAS SALINAS
36	HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO (C10-C40)	EPA Method 8015 C, Rev. 3	2007	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography
			Producto(s):	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUAS NATURALES
				AGUAS RESIDUALES
				AGUAS SALINAS
37	HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO Fracción 1 (C6-C10)	EPA Method 8015 C, Rev. 3	2007	Nanohalogenated Organics by Gas Chromatography
			Producto(s):	AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUAS NATURALES
				AGUAS RESIDUALES
				AGUAS SALINAS

Laboratorio : AMBIENTAL - AIRE / EMISIONES
 Campo de Prueba : QUÍMICA INSTRUMENTAL (Incluye MUESTREO)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
38	DIÓXIDO DE AZUFRE	EPA-40 CFR, Appendix A-4 to part 60, Method 6C	2017	Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary
			Producto(s):	EMISIONES
39	DIÓXIDO DE AZUFRE	NTP-ISO 10498, 2ª Edición.	2017	AIRE AMBIENTAL. Determinación de dióxido de azufre. Método de fluorescencia ultravioleta
			Producto(s):	AIRE
40	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO2)	EPA CFR 40, Appendix A-2 to part 50.	2012	Reference method for the determination of sulfur dioxide in the atmosphere. (Pararosaniline method).
			Producto(s):	AIRE
41	DIÓXIDO DE NITRÓGENO	EPA 40 CFR, App F to Part 50	2015	Measurement Principle and Calibration Procedure for the Measurement of Nitrogen Dioxide in the Atmosphere (Gas Phase Chemiluminescence)

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

				Producto(s):	AIRE
42	DIOXIDO DE NITROGENO (NO ₂)	ASTM D1607-91	2011	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)	
				Producto(s):	AIRE
43	MONÓXIDO DE CARBONO	EPA 40 CFR, App C to Part 50	2015	Measurement Principle and Calibration Procedure for the Measurement of Carbon Monoxide in the Atmosphere (Non-Dispersive Infrared Photometry)	
				Producto(s):	AIRE
44	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	Peter O. Warner "Analysis of Air Pollutants" Ed. Española 1981, cap. 3, Pág. 121-122. (VALIDADO - modificado)	2015	Determinación de Monóxido de Carbono en la atmósfera. Método 4 : Carboxibenceno sulfonamida.	
				Producto(s):	AIRE
45	OZONO	EPA 40 CFR, App D to Part 50	2015	Measurement Principle and calibration Procedure for the Measurement of Ozone in the Atmosphere	
				Producto(s):	AIRE
46	OZONO (O ₃)	Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd Edition, 1988 (VALIDADO - modificado)	2015	Método de Determinación de Ozono en la Atmósfera.	
				Producto(s):	AIRE
47	SULFURO DE HIDRÓGENO	NTP-ISO 10498-2017 (VALIDADO - aplicado fuera del alcance)	2018	Determinación de Sulfuro de Hidrógeno en Aire. Método de fluorescencia ultravioleta	
				Producto(s):	AIRE
48	SULFURO DE HIDROGENO (H ₂ S)	COVENIN 3571 : 2000 (VALIDADO - modificado)	2015	Determinación de la concentración de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) en la atmósfera	
				Producto(s):	AIRE

Laboratorio : AMBIENTAL - AIRE/ EMISIONES

Campo de Prueba : FISCOQUÍMICA (Incluye MUESTREO a excepción de Determinación de peso)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título	
49	AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS) / SULFURO DE HIDRÓGENO (H ₂ S)	EPA CFR Title 40, Appendix A-6 to part 60 Method 16A	2015	Determination of Total Reduced Sulfur Emission From Stationary Sources (Impinger Technique)	
				Producto(s):	EMISIONES
50	BENCENO	ASTM D3687-07 (Reapprov Ed. 2012)	2007	Standard Practice for Analysis of Organic Compound Vapors Collected by the Activated Charcoal Tube Adsorption Method	
				Producto(s):	AIRE
51	BENCENO	ASTM D3687-07 (Reapproved 2012) (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018	Standard Practice for Analysis of Organic Compound Vapors Collected by the Activated Charcoal Tube Adsorption Method	

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

		Producto(s): TUBO ADSORBENTE	
52	DETERMINACIÓN DE PESO. FILTROS PM10 (ALTO VOLUMEN).	EPA CFR 40. Appendix J to part 50, 7-1-11 Edition. (VALIDADO - modificado)	2015 Reference method for the determination of particulate matter as PM10 in the atmosphere.
		Producto(s): FILTROS AMBIENTALES	
53	DETERMINACIÓN DE PESO. FILTROS PM10 (BAJO VOLUMEN).	EPA Compendium Method IO-23, 1999 (VALIDADO - modificado)	2015 Sampling of Ambient Air for PM10 Concentration Using the Rupprecht and Patashnick (R&P) Low Volumen Partisol Sampler.
		Producto(s): FILTROS AMBIENTALES	
54	DETERMINACIÓN DE PESO. FILTROS PM2.5 (ALTO VOLUMEN).	EPA CFR 40. Appendix J to part 50, 7-1-11 Edition. (VALIDADO - modificado)	2015 Reference method for the determination of particulate matter as PM10 in the atmosphere.
		Producto(s): FILTROS AMBIENTALES	
55	DETERMINACIÓN DE PESO. FILTROS PM2.5 (BAJO VOLUMEN).	EPA CFR 40, Part 50, Appendix L, 2011 (VALIDADO - modificado)	2015 Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere.
		Producto(s): FILTROS AMBIENTALES	
56	DETERMINACIÓN DE PESO: PARTÍCULAS RESPIRABLES	NIOSH Method 0600 Issue 3, 1998 (VALIDADO - modificado) No Incluye Muestreo	2018 Partículas Not Otherwise Regulated, Respirable
		Producto(s): MEMBRANA FILTRO PVC	
57	DETERMINACIÓN DE PESO: PARTÍCULAS TOTALES O INHALABLES	NIOSH Method 0500, Issue 2, 1994 (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018 Partículas Not Otherwise Regulated, Total
		Producto(s): MEMBRANA FILTRO PVC	
58	DIÓXIDO DE AZUFRE	EPA CFR 40, Appendix A-2 to part 50, 2010 (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018 Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method)
		Producto(s): SOLUCIÓN CAPTADORA	
59	DIÓXIDO DE AZUFRE	EPA CFR 40, Part 60, Appendix A, Method 6	1999 Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources
		Producto(s): EMISIONES	
60	DIÓXIDO DE NITRÓGENO	ASTM D1607-91 (Reapproved 2011) (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018 Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere. (Griess-Saltzman Reaction)
		Producto(s): SOLUCIÓN CAPTADORA	
61	HIDROCARBUROS TOTALES EXPRESADOS COMO HEXANO	ASTM D3687-07 (Reapproved 2012)	2007 Standard Practice for Analysis of Organic Compound Vapors Collected by the Activated Charcoal Tube Adsorption Method
		Producto(s): AIRE	

Formato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

62	HIDROCARBUROS TOTALES EXPRESADOS COMO HEXANO	ASTM D3687-07 (Reapproved 2012) (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018	Standard Practice for Analysis of Organic Compound Vapors Collected by the Activated Charcoal Tube Adsorption Method
Producto(s): TUBO ADSORBENTE				
63	MATERIAL PARTICULADO	EPA CFR 40, Part 60, Appendix A, Method 5	1999	Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary
Producto(s): EMISIONES				
64	MATERIAL PARTICULADO - PM 2.5 (ALTO VOLUMEN)	EPA CFR 40, Appendix J to part 50, 7-1-11 Edition. (VALIDADO - aplicado fuera del alcance)	2015	Reference method for the determination of particulate matter as PM10 in the atmosphere.
Producto(s): AIRE				
65	MATERIAL PARTICULADO PM10 (ALTO VOLUMEN)	EPA-Compendium Method IO-2.1	1999	Sampling of Ambient Air for Total Suspended Particulate Matter (SMP) and PM10 Using High Volume (HV) Sampler.
Producto(s): AIRE				
66	MATERIAL PARTICULADO PM10 (BAJO VOLUMEN)	EPA-Compendium Method IO-2.3	1999	Sampling of Ambient Air for PM10 Concentration Using the Rupprecht and Patashnick (R&P) Low Volume Partisol Sampler.
Producto(s): AIRE				
67	MATERIAL PARTICULADO PM2.5 (BAJO VOLUMEN)	EPA CFR 40, Part 50, Appendix L	2014	Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere.
Producto(s): AIRE				
68	MONÓXIDO DE CARBONO	Peter O. Warner "Analysis of Air Pollutants" Ed. Española 1981, Cap. 3, Pág. 121-122 (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018	Determinación de Monóxido de Carbono en la Atmósfera. Método 4.Carboxilbenzeno Sulfonamida
Producto(s): SOLUCIÓN CAPTADORA				
69	OZONO	Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd Edition, 1988 (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018	Método de Determinación de Ozono en la Atmósfera
Producto(s): SOLUCIÓN CAPTADORA				
70	PARTÍCULAS RESPIRABLES	NIOSH 0600. Issue 3.	1998	Particulates not otherwise regulated. Respirable.
Producto(s): AIRE				
71	PARTÍCULAS TOTALES O INHALABLE	NIOSH 0500. Issue 2.	1994	Particulates not otherwise regulated. Total.
Producto(s): AIRE				
72	SULFURO DE HIDRÓGENO	Norma COVENIN 3571:2000 (VALIDADO - modificado) No incluye muestreo	2018	Determinación de la concentración de sulfuro de hidrógeno (H2S) en la atmósfera
Producto(s): SOLUCIÓN CAPTADORA				

Formato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

Laboratorio : AMBIENTAL - SUELO.
 Campo de Prueba : BIOLÓGICAS (Incluye MUESTREO)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
73	MACROBENTOS O MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10500 C, 23rd Ed.	2017	Benthic Macroinvertebrates. Sample Processing and Analysis
Producto(s):				SEDIMENTO

Laboratorio : AMBIENTAL - SUELO.
 Campo de Prueba : FÍSICOQUÍMICA - QUÍMICA INSTRUMENTAL (Incluye MUESTREO)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
74	BTEX	EPA Method 5021 A / EPA Method 8015C	2007	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography
Producto(s):				LODOS SEDIMENTOS SUELOS
75	CARBONO ORGÁNICO TOTAL	NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis AS-07, ítem 7.1.7 (VALIDADO - aplicado fuera del alcance)	2018	Método Walkley y Black
Producto(s):				LODOS (Validado) SEDIMENTOS (Validado) SUELOS
76	CIANURO LIBRE	EPA Method 9013A-Rev.2 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN- F, 23rd Ed.	2017	Cyanide extraction procedure for solids and oils / Cyanide - Selective Electrode Method
Producto(s):				LODOS SEDIMENTOS SUELOS
77	CONDUCTIVIDAD	NORMA Oficial Mexicana NOM -021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo. Estudios, muestreo y análisis AS 18, ítem 7.2.5	2002	Medición de Conductividad Eléctrica
Producto(s):				SUELO
78	CROMO HEXA VALENTE	EPA Method 3060 Rev.1/ EPA Method 7196 Rev.1	1992	Alkaline Digestion for Hexavalent Chromium / Chromium, hexavalent (Colorimetric)

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

					LODOS SEDIMENTOS SUELOS
79	HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO Fracción 1 (C6-C10)	EPA Method 8015C Rev. 3	2007	NonhalogenatedOrganics by gas Chromatography	LODOS SEDIMENTOS SUELOS
80	HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO fracción 2 (incluyendo fracciones: C10 - C28, >C10 - C 28)	EPA Method 8015C, Rev. 3	2007	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography	LODOS SEDIMENTOS SUELOS
81	HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO fracción 3 (incluyendo fracciones: C28 - C40, >C28 - C40)	EPA Method 8015 C, Rev. 3	2007	Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography	LODOS SEDIMENTOS SUELOS
82	MATERIA ORGÁNICA	NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos, Estudios, muestreo y análisis. AS-07: ítem 7.1.7 (VALIDADO - aplicado fuera del alcance)	2018	Método Walkley y Black	LODOS (Validado) SEDIMENTOS (Validado) SUELOS
83	NAFTALENO	EPA Method 5021A / EPA Method 8015 C	2007	Volatile Organic Compounds in Various Sample Matrices using Equilibrium Headspace Analysis / Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography	LODOS SEDIMENTOS SUELOS
84	pH	EPA SW-846, Method 9045D, Revisión 4	2004	Soil and waste pH	LODO

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

	SEDIMENTO
	SUELO

Laboratorio : AMBIENTAL- AGUA

Campo de Prueba : BIOLÓGICAS (Incluye MUESTREO)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
85	FITOPLANCTON CUALITATIVO	SSMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1, 2, // Part 10900, 23 rd Ed	2017	Plankton Concentration Technique // Identification of Aquatic Organisms
				Producto(s):
				AGUA DE BEBIDA
				AGUA DE MAR
				AGUAS NATURALES
86	FITOPLANCTON CUANTITATIVO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 F, items: F.2 a, F.2.c.1, 23rd Ed	2017	Plankton. Phytoplankton Counting Techniques
				Producto(s):
				AGUA DE BEBIDA
				AGUA DE MAR
				AGUAS NATURALES
87	ORGANISMO DE VIDA LIBRE - Fitoplancton (Algas) + Zooplancton (Protozoarios, copépodos rotíferos y nematodos)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1.2, F.2.a, F.2.c.1, 23rd Ed. / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 G, 23 rd Ed	2017	Plankton. Concentration Techniques. Phytoplankton Counting Techniques / Plankton. Zooplankton. Counting Techniques
				Producto(s):
				AGUA DE BEBIDA
				AGUAS NATURALES
88	PERIFITON	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10300 C, Item 1 y 2, 23rd Ed.	2017	Periphyton. Sample Analysis. Sedgwick-Rafter Counts. Inverted Microscope Method Counts
				Producto(s):
				AGUAS NATURALES
89	ZOOPLANCTON CUALITATIVO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 G.1, // Part 10900, 23rd Ed.	2017	Plankton. Zooplankton Counting Techniques. Subsampling. Identification of Aquatic Organisms
				Producto(s):
				AGUA DE BEBIDA
				AGUA DE MAR
				AGUAS NATURALES
90	ZOOPLANCTON CUANTITATIVO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 G, 23rd Ed.	2017	Plankton. Zooplankton Counting Techniques
				Producto(s):
				AGUA DE BEBIDA
				AGUA DE MAR

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

	AGUAS NATURALES
--	-----------------

Laboratorio : AMBIENTAL (MÉTODOS EN CAMPO)
 Campo de Prueba : QUÍMICA INSTRUMENTAL (Incluye MUESTREO)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
91	DIOXIDO DE NITROGENO, MONOXIDO DE CARBONO, OXIDO NITRICO, OXIDOS NITROSOS, OXIGENO	CTM-022 /CTM-030	1997	Determination of Nitric Oxide, Nitrogen Dioxide and NOx Emissions from Stationary Combustion Sources by Electrochemical Analyzer. / Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters using Portable Analyzers.
Producto(s):				EMISIONES

Laboratorio : AMBIENTAL (MÉTODOS EN CAMPO).
 Campo de Prueba : FISICOQUÍMICA (Incluye MUESTREO)

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
92	COLORO RESIDUAL (LIBRE)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-C1 G, 23 rd Ed., 2017 (VALIDADO - modificado)	2017	Chlorine (Residual) DPD Colorimetric Method
Producto(s):				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
93	COLORO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-C1 G, 23 rd Ed., 2017 (VALIDADO - modificado)	2017	Chlorine (Residual) DPD Colorimetric Method
Producto(s):				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
94	CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed.	2017	Conductivity. Laboratory Method.
Producto(s):				AGUA DE MAR
				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
95	OXÍGENO DISUELTO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G, 23rd Ed.	2017	Oxygen (Dissolved). Membrane Electrode Method.
Producto(s):				AGUA DE MAR
				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO

Fomato: DA-acr-06P-21F Ver. 00

ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO

				AGUA RESIDUAL
96	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.	2017	pH Value. Electrometric Method.
				AGUA DE MAR
				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL
97	SALINIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2520 B, 23rd Ed.	2017	Salinity. Electrical Conductivity Method
				AGUAS NATURALES
				AGUAS RESIDUALES
				AGUAS SALINAS
98	TEMPERATURA	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.	2017	Temperature. Laboratory and Field Methods.
				AGUA DE MAR
				AGUA NATURAL
				AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
				AGUA RESIDUAL

Laboratorio : AMBIENTAL (MÉTODOS EN CAMPO).

Campo de Prueba : ACÚSTICA

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
99	MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL	NTP ISO 1996-2:2008, ítem 6.5 Plantas industriales/ NTP ISO 1996-1:2007(revisada el 2017)	2008	ACÚSTICA. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental / ACÚSTICA. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación
				Producto(s): RUIDO AMBIENTAL : PLANTAS INDUSTRIALES