

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**“USO DE *Typha latifolia* Y *Phragmites australis* EN EL TRATAMIENTO DE
LIXIVIADOS DEL BOTADERO EL GUAYAO”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER
PAOLA MADELEI TANTA BAZÁN

ASESORES:

Ing. M.Sc. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA

Ing. M. Sc. ADOLFO MÁXIMO LÓPEZ AYLAS

CAJAMARCA – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Atahualpa 1050 – Pabellón 2A-202



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TESIS REVISADA EN EL SOFTWARE DE ANTIPLAGIO URKUND DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.

La que suscribe docente y asesora de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cajamarca, hace constar que:

La tesis y/o Trabajo de Suficiencia Profesional Titulada:

USO DE *Typha latifolia* Y *Phragmites australis* EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO EL GUAYAO

Presentada por la Bach: PAOLA MADELEI TANTA BAZÁN, ha sido sometida a revisión mediante el Software **URKUND**, por parte del asesor: Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna, obteniendo el puntaje **11%** de similitud.

Celendín, 17 de agosto del 2023


Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los trece días del mes de julio del año dos mil veintitrés, se reunieron en el **Aula - 105** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 194-2023-FCA-UNC**, de fecha **14 de marzo del 2023**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**USO DE *Typha latifolia* Y *Phragmites australis*, EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO EL GUAYAO**", realizada por la Bachiller **PAOLA MADELEI TANTA BAZÁN** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las diez horas y veinticinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las once horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal
SECRETARIO

Dr. Agustín Emerson Medina Chávez
VOCAL

Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
ASESORA

Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas
ASESOR

COPYRIGHT © 2023 by
PAOLA MADELEI TANTA BAZÁN
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi Papá Florentino Chávez Pisco por su apoyo total desde el cielo, a mi papá José Franciles Chávez Pisco, a mi abuelita Corpus Paula Chávez Pisco por ser un pilar fundamental en esta formación académica, a mi Mamá Fabiana Domitila Bazán Chávez, a mi tío Erlin David Mendoza Chávez, a mi esposo Elvis Rubén Aguilar Montoya por su gran apoyo, a toda mi familia y amigos que confiaron en mí y me tomaron de ejemplo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de corazón a Dios por ser quien guía mis pasos en todo este camino para mi formación, a mi familia y mis amigos por brindarme su apoyo incondicional.

Un agradecimiento especial para mis asesores Ing. Giovana Ernestina Chávez Horna e Ing. Adolfo Máximo López Aylas quienes soy grandes profesionales y seres humanos que dedicaron su valioso tiempo para que se logre este trabajo de investigación.

Y a cada uno de los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental porque gracias a su enseñanza he logrado mucho.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	3
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.2.1. Lixiviado.....	6
2.2.2. Composición de los lixiviados.....	6
2.2.3. Fases de generación de los lixiviados.....	8
2.2.4. Características fisicoquímicas de los lixiviados.....	12
2.2.5. Humedal artificial de flujo subsuperficial.....	16
2.2.6. Componentes de los humedales artificiales (HA).....	17
2.2.7. <i>Typha latifolia</i> (totora) en el tratamiento de lixiviados.....	21

2.2.8. <i>Phragmites australis</i> (carrizo) en el tratamiento de lixiviados.....	22
2.2.9. Límites máximos permisibles (LMP) de efluentes de Infraestructura de Residuos sólidos	23
CAPITULO III.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ubicación del trabajo de investigación	25
3.1.1. Características meteorológicas.....	25
3.2. Materiales	27
3.2.1. Material Biológico	27
3.2.2. Material experimental	27
3.2.3. Material para la construcción del humedal artificial.....	27
3.2.4. Material de campo	27
3.2.5. Material de gabinete	28
3.3. Trabajo de campo	28
3.3.1. Instalación del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.....	28
3.3.2. Operación de humedales artificiales de flujo subsuperficial a escala de laboratorio	33
3.3.3. Puntos y frecuencia del monitoreo para la obtención de datos	33
3.3.4. Técnicas de recolección de información	33
3.4. Trabajo de gabinete	34
3.4.1. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	34
3.4.2. Cálculo para el análisis de varianza.....	35

CAPITULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Concentración de Nitrato (NO_3^-)	37
4.2. Concentración de Fosfato (PO_4^{3-})	41
4.3. Concentración de Plomo (Pb^{2+})	44
4.4. Concentración de Cromo (Cr^{6+})	47
4.5. Concentración de Cadmio (Cd^{2+})	50
4.6. Temperatura	53
4.7. pH	55
CAPITULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	58
CAPÍTULO VI	59
REFERENCIAS	59
ANEXOS.....	68
Anexo 1. Matriz de consistencia	68
Anexo 2. Resultados de pH	69
Anexo 3. Resultados de Temperatura	70
Anexo 4. Informes resultados de análisis emitidos por el Laboratorio Regional del Agua	72
Anexo 5. Registro fotográfico	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de lixiviados en la fase de fermentación ácida y fase metanogénica.....	7
Tabla 2 Rango de diseño de humedales artificiales	20
Tabla 3 Taxonomía de <i>Typha latifolia</i>	21
Tabla 4 Taxonomía <i>Phragmites australis</i>	22
Tabla 5 Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad	24
Tabla 6 Métodos de Ensayo utilizados para la determinación de parámetros	34
Tabla 7 ANVA general.....	36
Tabla 8 Concentraciones de nitrato	37
Tabla 9 Análisis de varianza para nitrato	38
Tabla 10 Concentraciones de fosfato	41
Tabla 11 Análisis de varianza para fosfatos.....	42
Tabla 12 Concentraciones de plomo	44
Tabla 13 Análisis de varianza para plomo	45
Tabla 14 Concentraciones de cromo	47
Tabla 15 Análisis de varianza para cromo	48
Tabla 16 Concentraciones de cadmio.....	50
Tabla 17 Análisis de varianza para cadmio.....	51
Tabla 18 Temperatura ambiental (junio - noviembre 2019).....	54
Tabla 19 Matriz de consistencia.....	68
Tabla 20 Resultados del parámetro pH.....	69
Tabla 21 Resultados del parámetro temperatura (°C).....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fases del proceso de Generación de los lixiviados	11
Figura 2	Humedal artificial de flujo subsuperficial.....	17
Figura 3	Ubicación de proyecto de investigación en el botadero Guayao.....	26
Figura 4	Medio de soporte del humedal artificial de flujo subsuperficial.....	28
Figura 5	Vista en planta del sistema de tratamiento	31
Figura 6	Perfil del sistema de tratamiento	32
Figura 7	Concentraciones promedio de nitrato en el sistema de tratamiento.....	39
Figura 8	Porcentaje de remoción de nitrato	40
Figura 9	Concentración promedio de fosfatos en mg/L en el sistema de tratamiento	43
Figura 10	Porcentaje de remoción de fosfatos	44
Figura 11	Concentraciones promedio (mg/L) de plomo	46
Figura 12	Porcentaje de remoción de plomo	47
Figura 13	Concentraciones promedio en (mg/L) de cromo en el tiempo de ejecución	49
Figura 14	Porcentaje de remoción de cromo.....	50
Figura 15	Concentraciones promedio en (mg/L) de cadmio	52
Figura 16	Porcentaje de remoción de cadmio	53
Figura 17	Temperatura promedio en cada sistema de tratamiento.....	53
Figura 18	Temperatura ambiental (junio - noviembre 2019)	54
Figura 19	Valores promedios de pH.....	55
Figura 20	Instalación del sistema de tratamiento.....	89
Figura 21	Adaptación de las especies de estudio.....	89
Figura 22	Visita al sistema con los asesores.....	89
Figura 23	Toma de muestras, colocación de preservantes, rotulado y envío al laboratorio	90

ABREVIATURAS

HAFSSH	:	Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal
TRH	:	Tiempo de retención hidráulica
SENAMHI	:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
MINAM	:	Ministerio del Ambiente
pH	:	Potencial de hidrógeno
T°	:	Temperatura
PIGARS	:	Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos

RESUMEN

Se determinó la eficiencia de remoción de nutrientes y metales pesados con el uso de la *Typha latifolia* y del *Phragmites australis* en el tratamiento de lixiviados del botadero el Guayao. La investigación se desarrolló a escala de laboratorio con la construcción de tres humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, el primer humedal con la especie *Typha latifolia*, segundo humedal con la especie *Phragmites australis* y el tercer humedal solo con estrato de suelo, teniendo las siguientes dimensiones de 1.00 m de largo, 0.50 m de ancho y 0.45 m de profundidad cada uno. El sustrato donde creció las especies consistió en 0.10 m grava de 1" en la base, entrada y salida; 0.15 m gravilla de ½", 0.10 m arena gruesa y 0.10 m de tierra agrícola. El caudal utilizado en cada humedal fue de 0.018 m³/día para un tiempo de retención hidráulica de 6 días, durante 7 meses y aplicando ANVA a cada uno de los parámetros tenemos coeficientes de variabilidad que se encuentran entre 10 a 30% aceptable para este tipo de experimentos a campo abierto. El porcentaje de remoción para *Typha latifolia* en nitratos fue de 50.96 %, fosfatos 47.41 %, plomo 71.77 %, cromo 49.18 % y cadmio 38.21 %; *Phragmites australis* para nitratos fueron 63.52 %, fosfatos 42.21 %, plomo 61.32%, cromo 42.88 % y cadmio 54.09 %; en el humedal estrato 22.20%, 17.11%, 16.94%, 9.72% y 12.03% para los parámetros de nitratos, fosfatos, plomo, cromo y cadmio respectivamente; finalmente se logró mayores porcentajes de remoción para fosfatos, plomo y cromo con el uso *Typha latifolia*, mientras que la especie *Phragmites australis* obtuvo mayor remoción en nitratos y cadmio.

Palabras clave: Lixiviados, Humedales artificiales, *Typha latifolia* y *Phragmites australis*

ABSTRACT

The removal efficiency of nutrients and heavy metals with the use of *Typha latifolia* and *Phragmites australis* in the treatment of leachate from the Guayao dump was determined. The research was carried out on a laboratory scale with the construction of three artificial wetlands with horizontal subsurface flow, the first wetland with the *Typha latifolia* species, the second wetland with the *Phragmites australis* species and the third wetland with only soil stratum, having the following dimensions 1.00 m long, 0.50 m wide and 0.45 m deep each. The substrate where the species grew consisted of 0.10 m of 1" gravel at the base, entrance and exit; 0.15 m of ½" gravel, 0.10 m of coarse sand and 0.10 m of agricultural land. The flow used in each wetland was 0.018 m³/day for a hydraulic retention time of 6 days, for 7 months and applying ANOVA to each of the parameters we have variability coefficients that are between 10 to 30% acceptable for this type. of open field experiments. The removal percentage for *Typha latifolia* in nitrates was 50.96%, phosphates 47.41%, lead 71.77%, chromium 49.18% and cadmium 38.21%; *Phragmites australis* for nitrates were 63.52%, phosphates 42.21%, lead 61.32%, chromium 42.88% and cadmium 54.09%; in the wetland stratum 22.20%, 17.11%, 16.94%, 9.72% and 12.03% for the parameters of nitrates, phosphates, lead, chromium and cadmium respectively; finally, higher percentages of removal for phosphates, lead and chromium were achieved with the use of *Typha latifolia*, while the species *Phragmites australis* obtained higher removal of nitrates and cadmium.

Keywords: Leachates, Constructed wetlands, *Typha latifolia* and *Phragmites australis*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La disposición y el manejo de los residuos sólidos a nivel mundial es un tema que requiere cada día más atención debido a los problemas ambientales, económicos y sociales que rodean a estas actividades (Renou *et al.*, 2008, p. 468).

Los lixiviados en los rellenos sanitarios y botaderos controlados son el producto de la filtración lenta que realiza el agua a través de los materiales sólidos contenidos en el vertedero (Ziyang *et al.*, 2009, p. 3386), estos líquidos contienen contaminantes como metales pesados, patógenos y contaminantes inorgánicos que al entrar en contacto directo con el suelo puede afectar al medio ambiente e incluso la salud humana.

El botadero controlado de la ciudad de Celendín genera aproximadamente 0.0024 l/s de lixiviados los cuales son conducidos a través de acequias hacia la parte baja del botadero donde son almacenados en pozos de 1.00 m de ancho por 3.00 m de largo (PIGARS, 2015, p. 64).

En el trabajo investigación hace uso de la *Typha latifolia* (Totora) y del *Phragmites australis* (Carrizo) y un humedal solamente con estrato que fueron instaladas en humedales artificiales de flujo subsuperficial, bajo condiciones de flujo continuo de 1.00 m de largo x 0.50 m de ancho y 0.45 m de alto, asimismo, se tiene un tercer humedal sin especies vegetales tomado como humedal estrato. En estos se midieron los parámetros de plomo (Pb^{2+}), cromo (Cr^{+6}),

cadmio (Cd^{2+}), nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}) y parámetros de campo: potencial de hidrogeno (pH), temperatura (T°), tiempo de retención hidráulica (TRH) y caudal de entrada (Q), determinando la eficiencia de las especies de plantas seleccionadas con un tiempo de retención de 6 días.

El tratamiento de lixiviados generados en rellenos sanitarios mediante humedales artificiales ha demostrado una disminución de metales pesados y contaminantes inorgánicos, y para el estudio en mención se ha planteado el objetivo principal: Determinar el porcentaje de remoción de nutrientes y metales pesados del lixiviado procedente del botadero el Guayao a través del uso de la *Typha latifolia* y del *Phragmites australis*; como objetivos específicos tenemos: Caracterizar la composición del lixiviado extraído del botadero el Guayao en cuanto a su contenido de nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), Plomo (Pb), Cromo (Cr+6) y cadmio (Cd); instalar y operar el prototipo físico para el modelo de tratamiento del lixiviado; seleccionar especies vegetales para la remediación del lixiviado en función al contenido de nitratos, fosfato y algunos metales pesados presentes; contrastar los resultados del laboratorio con la normatividad vigente; estimar los parámetros de temperatura, pH, caudal, tiempo de retención hidráulica.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Úsuga, *et al.*, (2018) en su investigación empleando humedales subsuperficiales a nivel piloto”, concluye que los resultados de eficiencia con respecto a los metales pesados de 37,8 - 92,9 % de Hg; 29,9 - 44,9 % de Pb; 7,9 - 77,6 % y 22,9 - 64,3 % de Zn y As, respectivamente, los cuales a su vez se acumularon en las hojas, tallos y raíces (rizomas) de *Phragmites Australis* (0.575 - 3.201 mgHg/kg, 0.649 - 4.718 mgPb/kg, 3.548 - 3.9376 mgZn/kg, y 19.4mgAs/kg solo en el tallo) (p. 1-60).

Tejeda (2010) utilizó un humedal para la remoción de Cd, As y Cr con plantas de *Typha latifolia*, concluyó que la *Typha latifolia* era capaz de tolerar concentraciones de cadmio, arsénico y cromo siendo factible la utilización de esta planta en procesos de fitorremediación. En su investigación consideró concentraciones en el afluente (Cd: 7.11 mg/L, As: 1.27 mg/L y Cr: 7.94 mg/L, en promedio) y en el efluente logró concentraciones (Cd: 0 mg/L, As: 0.64 mg/L y Cr: 7.22 mg/L, en promedio), y el pH se mantuvo entre 7 y 8, el humedal construido de flujo subsuperficial obtuvo resultados eficientes en la remoción de Cd (100 %),

medianamente eficiente en la remoción de As (48 %) e ineficiente para la remoción de Cr (9.1% de remoción) en un período de experimentación de 90 días. (p. 1-95)

Segura y Rocha (2019) operaron un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal con la especie macrófita emergente carrizo (*Phragmites australis*), concluye que la eficiencia de remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos de lixiviados diluido con agua residual mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, alcanzando para la concentración al 1 % en promedio de los tres tiempos: 54 % de fósforo total; 94 % de nitrógeno amoniacal; se obtuvo un pH de 7.9, con una temperatura de 26.3 °C. De la misma manera una eficiencia de remoción en la concentración al 3 %: 86 % de fósforo total; 91 % de nitrógeno amoniacal; se obtuvo un pH de 7.9, con una temperatura de 25.7 °C. Por lo tanto, se demuestra que el sistema tuvo una eficiencia de 71 y 75 % para la concentración 1 y 3 %, alcanzando una eficiencia final del 73 % en el sistema de tratamiento (p. 1-47).

Oquendo (2016) trabajó con la especie *Typha latifolia* que fue cultivada en un sustrato de turba estéril enriquecida con nutrientes y expuesta diferentes concentraciones de plomo de 2, 5 y 10 mg/L en la que determinó un 62% de remoción en la concentración de 2 mg/L (p. 1 - 82)

Mellado (2019) trabajó con tres especies macrófitas para el tratamiento de aguas residuales domésticas y referente a fosfatos concluyó que, para el efluente del humedal sembrado con *Phragmites australis* se tuvo un afluente promedio de 22.41 mg/L, y a la salida del tratamiento determinó un valor promedio de 14.81 mg/L con una eficiencia de remoción del 35.91 % (p. 1-248).

Parra (2020) evaluó la eficiencia de la remoción de plomo en aguas residuales del río Tarma usando *Typha latifolia* en humedales artificiales, consistió en tres

tratamientos más un control, en el que empleo humedales artificiales de flujo subsuperficial a escala de laboratorio, sus resultados indicaron que el tratamiento con esta especie mostró reducción en las concentraciones obteniendo un 83.12%. (p. 1-73)

Vera y Villacorta (2018) concluyó que, la mayor acumulación de plomo por los rizomas de *Phragmites australis* “carrizo” se da a partir de 60 mg/l, llegando al valor más alto de 80 mg/l con 2888 ppm a los 20 días (p. 1-29).

González y Álvarez (2017) concluyó que, en el experimento realizado, en las capas subterráneas del suelo, las plantas contribuyeron a una eliminación de N-nitrato más rápido en un promedio de 83 % en presencia de *Phragmites australis* y 32 % sin plantas durante el período más cálido (p. 103).

Luján y Sánchez (2020), en su investigación sobre la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de lixiviados, concluyó que los humedales artificiales son eficientes para el tratamiento de lixiviados generados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca, ya que dichos humedales sirven para la remoción de algunos contaminantes que afecta el agua superficial y subterránea, y que además dañan los suelos (p. 1-31).

Chugden y Verastegui (2020) operó con plantas acuáticas totora y carrizo en la absorción y remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas y para el fosfato, se pudo demostrar que tanto la totora como el carrizo (*Phragmites australis*) tuvieron la misma capacidad depuradora con una eficiencia promedio de 91.7 % que es el promedio de las eficiencias de ambos (p. 1-54).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Lixiviado

Ziyang, *et al.* (2009), los lixiviados generados en un relleno sanitario son líquidos con gran carga orgánica producto de la descomposición natural de las basuras, siendo una amenaza para el ambiente y la salud humana (p. 3391).

Para Campos (2000), los lixiviados son aquellos líquidos que se forman dentro de un relleno sanitario, producto de la filtración del agua de lluvia, de la descomposición de la materia orgánica y el agua que poseen los desechos. Los líquidos circulan dentro del relleno, por lo que arrastran materiales suspendidos y disueltos, lo que hace que los lixiviados sean aguas residuales de alto valor contaminante (p. 248).

2.2.2. Composición de los lixiviados

Existen numerosas caracterizaciones de los lixiviados en donde se hace énfasis en su alto poder contaminante. Se concluye usualmente que los lixiviados contienen características contaminantes principales, es decir alto contenido de materia orgánica, alto contenido de nitrógeno y fósforo, presencia abundante de patógenos e igualmente de sustancias tóxicas como metales pesados, compuestos recalcitrantes y xenobióticos (Giraldo, 2001, p. 76).

Los parámetros de contaminación de los lixiviados de un relleno sanitario varían mucho según el periodo de fermentación y los tipos de desechos que estos albergan. La tabla 1 muestra los valores de lixiviados según las fases de generación.

Tabla 1*Valores de lixiviados en la fase de fermentación ácida y fase metanogénica*

PARÁMETRO	UNIDAD	CONTAMINACIÓN DE LOS LIXIVIADOS				
		Periodo de fermentación ácida		Periodo de fermentación metanogénica		Relleno mayo de 10 años
		Márgenes	Promedio	Márgenes	Promedio	
DBO ₅	mg/l	4000-40000	13 000	20 - 550	180	100 – 200
DQO	mg/l	6000-60000	22 000	500 - 4 500	3000	100 – 500
Proporción DBO ₅ /DQO			0.58		0.06	
(PO ₄ -P)	mg/l	0.1 - 30	6	0.1 - 30	6	4 – 8
Nitratos	mg/l	72.92±0.022				5 – 40
Fosfatos	mg/l	241.19 ±0.462				5 – 100
Cr total	mg/l	30 - 1 600	300	30 - 1 600	300	< 2
Pb total	mg/l	8 - 1020	90	8 - 1020	90	< 2
Cianura total (CN ⁻)	mg/l		10		10	-
Cadmio(Cd)	mg/l	0.5 - 140	6	0.5 - 140	6	< 2
Cobre (Cu)	mg/l	4 - 1400	80	4 - 1400	80	-
Zinc (Zn)	mg/l	0.1-1	5	0.03-4	0.6	-
Tetraoxido de azufre (SO ₄)	mg/l	70-1750	500	10-884	80	-
Calcio (Ca)	mg/l	10-2500	1200	20-600	60	100 – 400
Magnesio (Mg)	mg/l	0.3- 1130	600	0.03-530	250	50 – 200
Manganeso (Mn)	mg/l	0 - 65.5	24	0 - 1.7	0.65	-
Hierro (Fe)	mg/l	20-2100	780	3-280	15	20 – 200
pH	mg/l	0.5-15	7	0.3-7	1	6.6 – 8.5

Nota: Obtenido de Roben (2002)

2.2.3. Fases de generación de los lixiviados

2.2.3.1. Fase I: Ajuste inicial

En esta fase los componentes orgánicos biodegradables de los residuos sólidos urbanos sufren descomposición microbiana mientras son descargados en el relleno sanitario. En esta fase, se produce la descomposición biológica bajo condiciones aerobias, porque hay cierta cantidad de aire atrapado dentro del cuerpo del relleno (MINAM, 2002, p. 100).

2.2.3.2. Fase II: Fase de transición

En la fase II, identificada como fase de transición, disminuye el oxígeno y comienzan a desarrollarse condiciones anaerobias. Mientras el relleno sanitario se convierte en anaerobio, el nitrato y el sulfato, a menudo se reducen a gas nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. Mientras se reduce el potencial de oxidación/reducción, los miembros de la comunidad microbiana responsables de la conversión del material orgánico de los RSU en metano y dióxido de carbono inician un proceso secuencial, con la conversión del material orgánico complejo en ácidos orgánicos y otros productos intermedios. En esta fase, el pH del lixiviado comienza a descender a causa de la presencia de ácidos orgánicos y el efecto de las elevadas concentraciones de CO₂ dentro del relleno sanitario (MINAM, 2002, p. 100).

2.2.3.3. Fase III: Fase ácida

En esta fase, se acelera la actividad microbiana iniciada en la fase anterior con la producción de cantidades significativas de ácidos orgánicos y pequeñas cantidades de gas de hidrógeno. El primer paso en el proceso comentado implica la transformación, de compuestos con alto peso molecular (por ejemplo: lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos) en compuestos aptos para ser utilizados por microorganismos como fuentes de energía y de carbono celular. El segundo paso en este implica la conversión microbiana de los compuestos resultantes del primer paso en compuestos intermedios de bajo peso molecular, como son el ácido acético (CH_3COOH) y las pequeñas concentraciones de ácido fúlvico y otros ácidos más complejos. El dióxido de carbono es el principal gas generado durante la fase III. También se producirán cantidades más pequeñas de gas hidrógeno (H_2). Los microorganismos implicados en esta conversión, llamados colectivamente no metanogénicos, son las bacterias anaeróbicas facultativas y obligadas. A menudo se los identifican como microorganismos acidogénicos o formadores de ácido. El pH del lixiviado frecuentemente descenderá hasta un valor de 5 o menos, por la presencia de los ácidos orgánicos y por las elevadas concentraciones de CO_2 dentro del relleno sanitario. También se solubilizarán durante la fase III algunos constituyentes inorgánicos, principalmente metales pesados, debido a los bajos valores del pH en el lixiviado. Muchos nutrientes esenciales también se separan con el lixiviado en la fase III (MINAM, 2002, p. 101).

2.2.3.4. Fase IV Fase metanogénica

Esta es la fase de la fermentación del metano, un segundo grupo de microorganismos, que convierten el ácido acético y el gas de hidrógeno producidos por los formadores de ácidos en la fase ácida en CH_4 y CO_2 llegan a ser más predominantes. En algunos casos, estos microorganismos responsables de esta conversión son estrictamente anaerobios y se llaman metanogénicos o formadores de metano. En la fase IV la formación de metano y ácido se produce simultáneamente, aunque la velocidad de formación de ácidos es considerablemente más reducida. Como los ácidos y el gas de hidrogeno que son producidos por los formadores de ácidos se han convertido en CH_4 y CO_2 en la fase IV, el pH dentro del vertedero ascenderá a valores más neutros, rango de 6,8, a 8. Luego el pH del lixiviado ascenderá y se reducirán las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) y el valor de conductividad del lixiviado. Con los valores más altos de pH menos constituyentes inorgánicos quedan en disolución y como resultado, la concentración de metales pesados presentes en el lixiviado también se reducirá (MINAM, 2002, p. 101).

2.2.3.5. Fase V: Fase de maduración

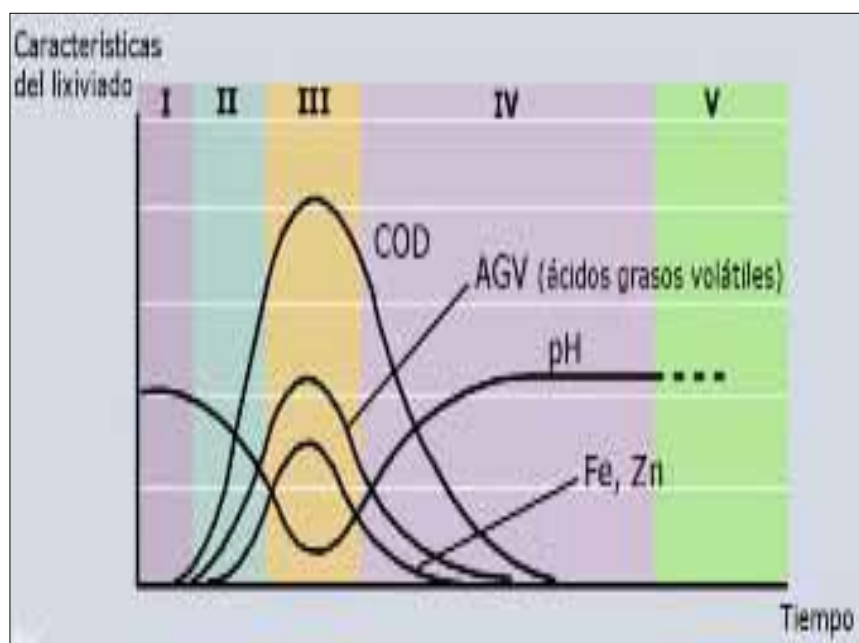
Llamada así porque se produce después de convertirse el material inorgánico biodegradable en CH_4 y CO_2 durante la fase IV. Mientras la humedad sigue migrando a través de los residuos, se convierten porciones del material biodegradable que anteriormente no estaban disponibles.

Durante esta fase la velocidad de generación del gas en el relleno sanitario disminuye significativamente, porque la mayoría de los nutrientes

disponibles se han separado con el lixiviado durante las fases anteriores, y los sustratos que quedan en el relleno sanitario son de una degradación lenta. Los principales gases que han evolucionado aquí son: CH_4 y CO_2 . Según las medidas de sellado del relleno sanitario, también pueden encontrarse pequeñas cantidades de nitrógeno y oxígeno en el gas del relleno sanitario. Durante la fase de maduración, el lixiviado a menudo contendrá ácidos húmicos y fúlvicos que son difíciles de degradar biológicamente (MINAM, 2002, p. 102).

Figura 1

Fases del proceso de Generación de los lixiviados



Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995)

2.2.4. Características fisicoquímicas de los lixiviados

2.2.4.1. Turbiedad

Al igual que en el color, la turbiedad de una muestra se ve afectada por las partículas sólidas que en ella se encuentren, especialmente aquellas de tamaño entre 0.1 y 1.0 μm (Tchobanoglous, 2000). El proceso de generación de lixiviados trae consigo el arrastre de mucho material sólido (disuelto y en suspensión) lo que conlleva a valores alto para este parámetro.

2.2.4.2. Temperatura (T°)

Es un parámetro importante en las aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y proceso de tratamiento, así como el método de disposición final; la temperatura afecta a la alteración de la vida acuática, modifica la concentración y saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana (Romero, 2004, p.148).

2.2.4.3. Potencial de Hidrógeno (pH)

Romero (2004) lo describe como la medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrógeno; los lixiviados en concentración adversa del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos (p.149).

El pH del lixiviado dependerá no solamente de la concentración de los ácidos que están presentes, sino también de la presión parcial del

CO₂ en el gas de vertedero que está en contacto con el lixiviado. En la fase II de transición, el pH del lixiviado comienza a descender a causa de la presencia de ácidos orgánicos y el efecto de las elevadas concentraciones de CO₂ dentro del relleno sanitario (Tchobanoglous, 1994).

2.2.4.4. Caudal o gasto (Q)

García (1999), conceptualiza al gasto o caudal como la cantidad de materia o masa que atraviesa un lugar en cierta unidad de tiempo, en el caso de los líquidos, los cuales se consideran prácticamente incompresibles, la cantidad de materia se puede indicar como el volumen, entonces, el gasto se define como el volumen que pasa por un punto en el espacio, en un determinado tiempo; generalmente, el caudal (Q) se expresa en litros por segundo (L/ s⁻¹) o metros cúbicos por segundo (m³/s) (p. 22).

2.2.4.5. Tiempo de retención hidráulica (TRH)

Cabrera y Ortiz (2005), lo definen como el tiempo medio que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento, usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil (p. 116).

Para Romero, *et al.* (2009), el tiempo de retención define el lapso en que los contaminantes permanecen en contacto con las plantas y los microorganismos para ser transformados biológica y químicamente; de acuerdo con la remoción de la DQO, fósforo y nitrógeno de las aguas

residuales, el tiempo de retención hidráulica óptimo es de cinco días (p. 484).

2.2.4.6. Nitratos (NO_3^-)

Este no sufre reacciones de intercambio iónico debido a que su carga es negativa, permanece en solución y es transportada como parte del agua percolada es eliminada por consumo de las plantas, las cuales pueden asimilarlo, pero esto solo sucederá en las proximidades de las raíces durante los periodos de crecimiento activo, y para esto es necesario recoger y retirar vegetación del sistema si esta permanece allí, se reciclará el nitrógeno asimilado por las plantas y vuelve a entrar al sistema en forma de nitrógeno orgánico (Salazar y Morales, 2003 p.127).

2.2.4.7. Fosfato (PO_4^{3-})

Los fosfatos son nutrientes para las plantas. Tienen aplicaciones industriales diversas y como fertilizantes y causan un crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas que agotan el oxígeno disuelto en el agua hasta llegar a producir eutrofización (Ramalho, 1996).

En consecuencia, las descargas de lixiviados genera problemas estéticos (absorbiendo la luz en la recepción de los cuerpos, ríos y lagos) y ambientales interfiriendo con los procesos biológicos acuáticos, debido a la propagación de algas por acumulación de fosfatos; la generación de bióxido de carbono que al dejar el agua inhibe el oxígeno de disuelto en el agua (no favorable a la biodegradación); la selección de microorganismos anaerobios; la formación de la espuma y morbilidad acuática (Rand, 1995).

2.2.4.8. Metales pesados

Para Metcalf y Eddy (1995), se entiende por metales pesados a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas, y que no se puedan degradar por medios naturales, además que son peligrosos porque tienden a bioacumularse en el organismo (p. 1485).

A. Plomo (Pb^{2+})

El Plomo (Pb) es el quinto elemento en el grupo IVA de la tabla periódica, tiene un número atómico de 82, un peso atómico de 207,19, y valencias de 2 y 4. La abundancia promedio del Pb en la corteza terrestre es 13 ppm; en suelos los rangos son de 2.6 a 25 ppm; en corrientes es de 3µg/L, y en aguas subterráneas es generalmente <0.1 mg/L. el Plomo es obtenido principalmente de la Galena (PbS). Es usado en baterías, municiones, soldaduras, tuberías, pigmentos, insecticidas y aleaciones (APHA/AWWA, 2005, p. 448).

B. Cromo (Cr^{+6})

El cromo es el primer elemento en el grupo VIB de la tabla periódica, tiene un número atómico de 24, peso atómico de 51.99, y valencias de 0 y 2 hasta 6. La abundancia promedio del Cr en la corteza terrestre es 122 ppm; en suelos el rango del Cr es de 11 a 22 ppm, en corrientes un promedio de 1 µg/L, y en aguas subterráneas es generalmente 100 µg/L.

El cromo es considerado no esencial para plantas, pero un elemento traza esencial para animales. Los compuestos hexavalentes han sido mostrados como carcinogénicos por inhalación y son corrosivos para

los tejidos. La organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura recomienda un nivel máximo para cadmio en aguas de riego de 100 µg/L (APHA/AWWA, 2005).

C. Cadmio (Cd^{2+})

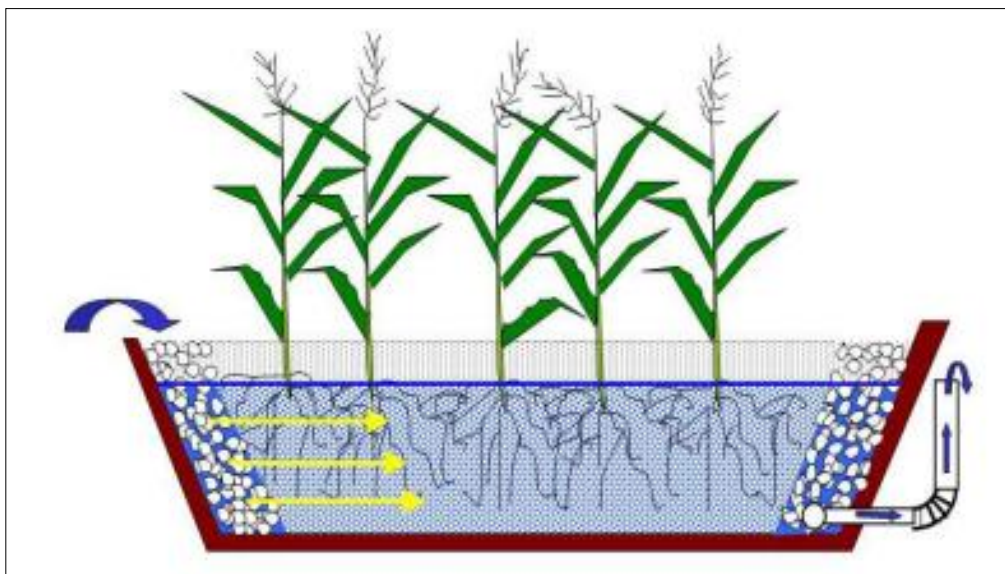
El Cadmio es el segundo elemento en el grupo IIB de la tabla periódica; tiene un número atómico de 48, un peso atómico de 112.41, y una valencia de 2. El promedio de abundancia del Cd en la corteza terrestre es de 0.16 ppm; en suelos es de 0.1 a 0.5 ppm; en corrientes es de 1 µg/L, y en aguas subterráneas es de 1 a 10 µg/L.

Este elemento no es esencial para plantas y animales. El cadmio es muy toxico y se acumula en riñones y el hígado. La organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura recomienda un nivel máximo para cadmio en aguas de riego de 10 µg/L (APHA/AWWA, 2005).

2.2.5. Humedal artificial de flujo subsuperficial

Estos humedales se diseñan para el tratamiento de aguas residuales en su fase final de tratamiento, y está constituido por un canal con un medio apropiado. El nivel del agua pasa por debajo del medio, el cual se planta con los mismos tipos de vegetación emergente presentes en la zona. Los humedales de flujo subsuperficial tienen las ventajas de: prevención de insectos, de olores, y no hay riesgo de contacto de personas con el agua pretratada (Reed, 1995, p. 576).

Estos sistemas están conformados por uno o más canales de poca profundidad de fondo recubierto para evitar la percolación a la capa freática la cual se puede contaminar (Davis, 1994, p. 53).

Figura 2*Humedal artificial de flujo subsuperficial*

Nota: Adaptado de Davis 1994 (p. 53).

2.2.6. Componentes de los humedales artificiales (HA)

Un humedal construido consiste en una cuenca bien diseñada que contiene agua, un sustrato y, por lo general, las plantas salientes. Estos componentes pueden ser manipulados en la construcción de un humedal. Otros componentes importantes de los humedales, como las comunidades de microbios e invertebrados acuáticos, se desarrollan de forma natural (Davis, 1994, p. 53):

2.2.6.1. El agua

La hidrología es el factor de diseño más importante en un humedal artificial por que reúne todas las funciones del humedal y porque a menudo es el factor primario en el éxito o fracaso del sistema (Salazar y Morales, 2003, p. 127).

2.2.6.2. Vegetación

Las macrófitas que crecen en humedales construidos son un componente esencial en el diseño de plantas para el tratamiento de lixiviados, la selección de variedades vegetales debe basarse en la adaptabilidad al clima local, capacidad de transporte de oxígeno desde las hojas a las raíces, tolerancia a altas concentraciones de contaminantes, capacidad de asimilación, tolerancia a las condiciones climáticas, su resistencia a insectos y enfermedades y facilidad de manejo; los géneros más ampliamente usados para el diseño de humedales artificiales son totoras o espadañas (*Typha latifolia*), juncos (*Scirpus lacustris*), y carrizos (*Phragmites australis*). Las especies comúnmente usadas son: *Phalaris arundinaceae*, *Typha spp.*, *Scirpus spp.*, y *Glyceria máxima* (Gonzalez, 2010, p. 79)

2.2.6.3. Sustrato

Delgadillo, *et al.* 2010 menciona que en los humedales el sustrato está formado por el suelo que puede ser: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico; la característica principal del medio es que debe ser lo suficientemente permeable, esto obliga al uso de suelos granulares, utilice principalmente grava con un diámetro de unos 5 mm. (p. 115).

El sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en los humedales artificiales son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.

- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- Proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.

A. Cálculo para el diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial

Según el diseño de Crites, *et al.* (2006); las dimensiones del Humedal artificial fueron calculadas.

1. Determinar la cantidad de lixiviado que se va a utilizar en el tratamiento en m³.
2. Área superficial.

Para el tiempo de retención hidráulica según detalla Crites, *et al.* (2006) muestra los rangos de diseño de humedales.

$$TRH = \frac{As * h * n}{Q}$$

TRH = tiempo de retención en días (d)

As = área del terreno necesario (m²)

Q = Caudal del efluente de los lixiviados (m³/d)

h = profundidad del medio. (m)

Tabla 2*Rango de diseño de humedales artificiales*

Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor Usual
Tiempo de Retención hidráulica	Días	4-15	6
Profundidad del medio	m	0.3-0.8	0.45
Porosidad	%	36-45	45
Relación Largo - ancho		2:1 – 7-1	2:1
Arena fina	mm	0.25-0.75	0.35
Grava fina	mm	2.00-8.00	2-5
pendiente	%	0.1-1	1

Nota: Adaptado de Delgadillo, et al. (2010)

- Tomando así, el valor de 6 días para el tiempo de Retención Hidráulica.
 - Y la profundidad de medio de 0.45 m
1. Luego de haber calculado el área superficial, procedemos a calcular las dimensiones del Humedal artificial de flujo subsuperficial, teniendo en cuenta la relación largo-ancho que menciona Delgadillo, *et al.* (2010).

$$As = L * W$$

$$\text{Relación } L / W = 2 / 1$$

2.2.7. *Typha latifolia* (totora) en el tratamiento de lixiviados

Tabla 3

Taxonomía de Typha latifolia

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Tracheobionta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Typhaceae</i>
Género:	<i>Typha</i>
Especie:	<i>T. latifolia</i>

Es capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales, y se propaga fácilmente, por lo que representa una especie de planta ideal para un humedal artificial. También es capaz de producir una biomasa anual grande y tiene un potencial de remoción de nitrógeno y fósforo por la vía de la poda y cosecha. Los rizomas de totora plantados a intervalos de aproximadamente 0.6 m pueden producir una cubierta densa en menos de un año. (Luján y Sánchez, 2020, p. 31)

2.2.8. *Phragmites australis* (carrizo) en el tratamiento de lixiviados

Tabla 4

Taxonomía Phragmites australis

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poaceae</i>
Subfamilia:	<i>Arundinoideae</i>
Género:	<i>Phragmites</i>
Especie:	<i>Phragmites australis</i>

Alcanza una altura de 1,5 a 3 m, tiene una profundidad de raíces de 0,4 - 0,8 m, absorbe contaminantes como el plomo y el zinc, con rizomas verticales y profundamente penetrantes, da una buena transferencia de oxígeno (Fonseca y Castro 2010, p. 53).

En sustratos de humedales o lodo, por lo que la oxidación es potencial. Más grande, germina en aproximadamente 5 días en 20-24°C, el carrizo es una planta productora de biomasa con un pH entre 2 – 8.5 (Izaguirre, 2012, p. 203)

La evaluación del desempeño de plantaciones de *Phragmites australis* ha demostrado que son capaces de producir alta biomasa y crecer en diversas condiciones ambientales, no se ven atacadas por los animales como otro tipo de plantas, tienen alta capacidad de remoción de Nitrógeno, Fósforo y metales pesados; presentan un buen crecimiento durante la operación del sistema de

tratamiento, especialmente cuando son plantadas sobre grava gruesa de diámetro de partícula de 4 cm (Pevery, *et al.*, 1995, p. 51).

La expansión está asociada con un aumento de la contaminación de las aguas minerales (especialmente con nitratos) y un aumento de su salinidad. Tolerancia muy amplia para varios parámetros de contaminación, el carrizo se utiliza como helófito por encima y por debajo del suelo, que fluye casi exclusivamente a través de pantanos artificiales, por ser una planta rústica, polimórfica y con una amplia gama de eco tipos. Aumenta el efecto oxidante al liberar oxígeno 40 de los rizomas. “La capacidad de absorción de nutrientes se puede estimar a partir de la composición de sus tejidos: la biomasa aérea contiene aproximadamente un 1,1 % de nitrógeno y un 0,12 % de fósforo y la subterránea un 1,0 % de nitrógeno y un 0,15 % de fósforo” (Gonzalez, 2010, p. 87)

2.2.9. Límites máximos permisibles (LMP) de efluentes de Infraestructura de Residuos sólidos

Mediante D.S – 2009-MINAM, se aprueban los LMP de efluentes de infraestructura de residuos sólidos, con el objetivo de mitigar los efectos negativos de éstos en el ambiente, particularmente la contaminación de los cuerpos de agua, así como los riesgos a la salud de la población (p. 5).

Tabla 5

Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad

	Parámetros	Unidad	LMP
I	Generales		
1	pH		6.5-8.5
II	Inorgánicos		
2	Cadmio Total	mg/L	0.1
3	Cromo VI	mg/L	0.2
4	Plomo Total	mg/L	0.5

Nota: Adaptado del D.S-2009-MINAM

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del trabajo de investigación

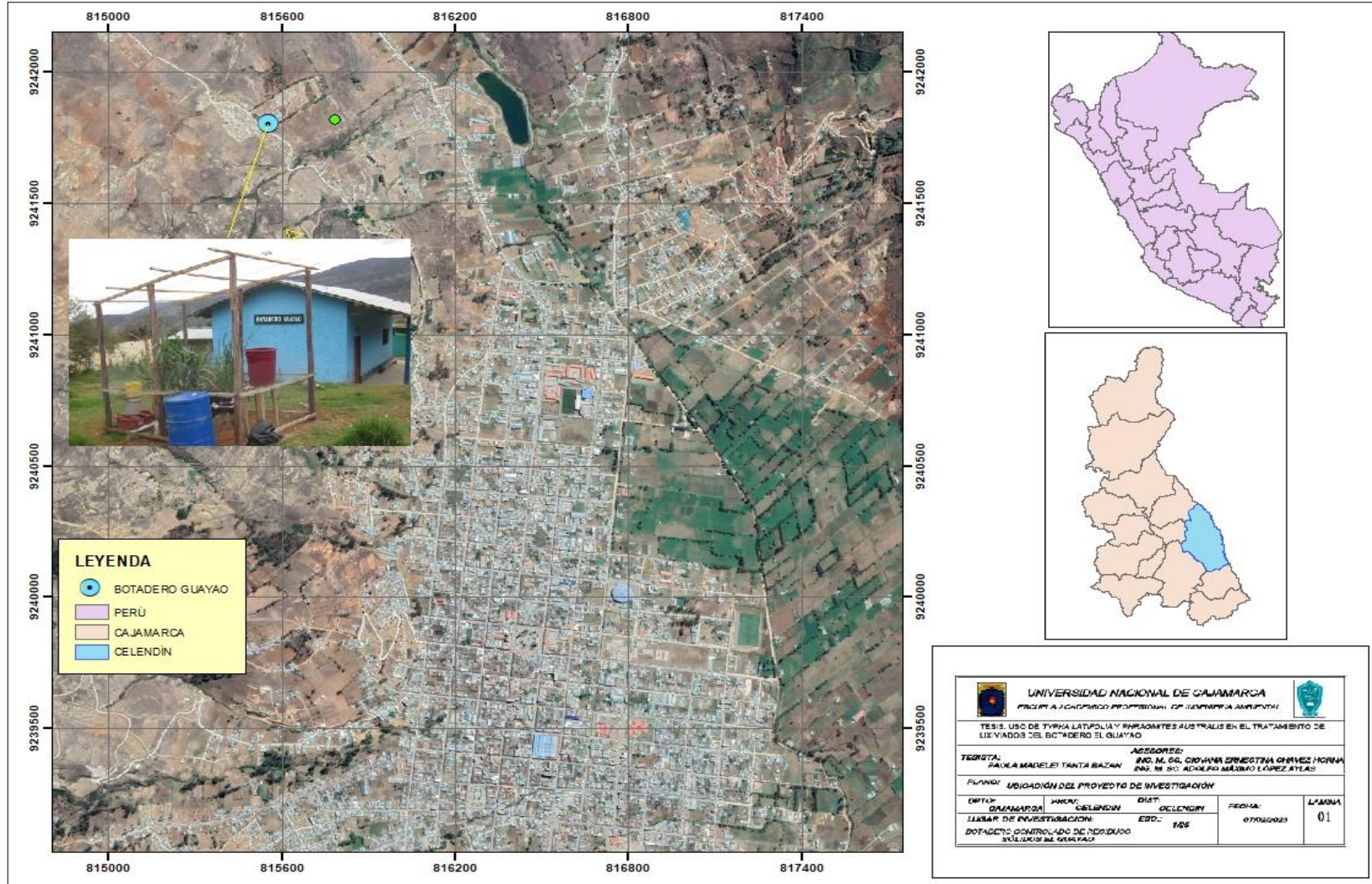
Se realizó en el botadero controlado de Residuos Sólidos del Distrito de Celendín, se encuentra ubicado en las afueras del área urbana, en el km 2 de la carretera que conduce desde Celendín al caserío de Cashaconga a 2721 m.s.n.m, geográficamente ubicado 814626 E y 9242030 N (figura 3).

3.1.1. *Características meteorológicas*

SENAMHI 2018 muestra datos de la estación más cercana al lugar donde se ejecutó el proyecto, la temperatura media mensual está entre 7°C a 20°C, la velocidad del viento superficial varía entre 1.6 y 6.5 m. s⁻¹ con dirección predominante del norte, mientras que la precipitación pluvial media anual se encuentra entre 400 mm y 1200 mm, generalmente las mayores precipitaciones se dan en zonas altas entre los meses de octubre a marzo.

Figura 3

Ubicación de proyecto de investigación en el botadero Guayao



3.2. Materiales

3.2.1. Material Biológico

- *Phragmites australis* (carrizo)
- *Typha latifolia* (totora)

3.2.2. Material experimental

- PM1: Afluente en el tanque de distribución.
- PM2: Efluente en el humedal artificial con la especie *Typha latifolia*.
- PM3: Efluente en el humedal artificial con la especie *Phragmites australis*.
- Estrato: Efluente en el humedal solo con el sustrato.

3.2.3. Material para la construcción del humedal artificial.

- 03 reactores de plástico
- Tanque de distribución de 90 L
- Postes de madera 4"
- Calamina transparente
- Malla metálica
- Tubería pvc ½"
- Grifos pvc
- Codo pvc ½"
- Unión universal pvc ½"

3.2.4. Material de campo

- Fichas de registro de campo
- Tablero acrílico
- Preservantes químicos
- GPS, marca: Garmin, modelo: GPSmap76CSx
- Multiparámetro marca: DELTA OHM serie: 11036088hd98569
- Cámara fotográfica, marca: Samsung, modelo: ST72

3.2.5. Material de gabinete

- Laptop TOSHIBA CORE i5 intel serie: L855-S5366
- Impresora EPSON L365 serie: C11CE54301
- Papel Bond A4
- Memoria USB

3.3. Trabajo de campo

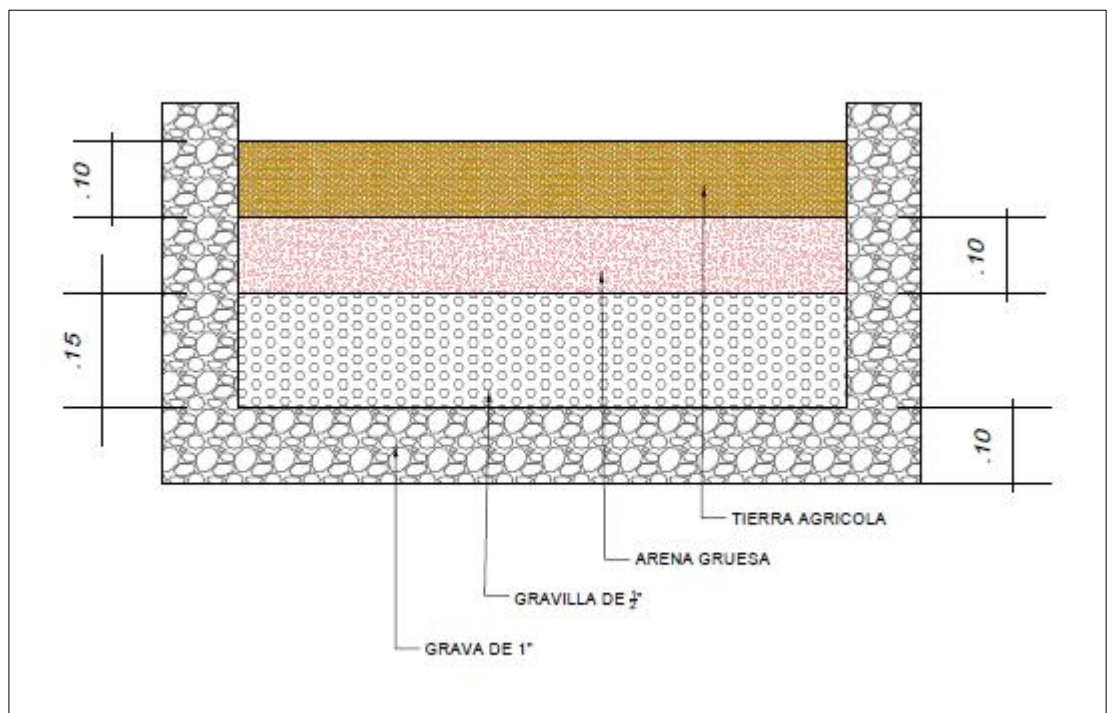
3.3.1. Instalación del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal

Se instaló el sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal a escala de laboratorio en el botadero controlado de residuos sólidos Guayao, distrito de Celendín.

El material que se utilizó para este tipo de tratamiento y las cantidades a usar del estrato fueron: 0.10 m grava de 1" en la base, entrada y salida; 0.15 m gravilla de ½", 0.10 m arena gruesa y 0.10 m de tierra agrícola.

Figura 4

Medio de soporte del humedal artificial de flujo subsuperficial



Luego de la identificación y recolección del material biológico se realizó el sembrado de 15 plantas de *Typha latifolia* y 15 plantas de *Phragmites australis* en los humedales de tratamiento.

3.3.1.1. Volumen en el tanque de distribución

El tanque de distribución operó con un volumen de 90 L, los cuales eran cargados cada 6 días. La solución utilizada era de 60 % lixiviado y 40 % agua residual de la laguna facultativa de la planta de tratamiento de aguas residuales Celendín, esta dilución se realizó para el proceso de adaptación de las plantas que fue de cinco meses, puesto que el agua residual proveniente de la laguna facultativa posee gran cantidad de nutrientes e inóculos bacterianos necesarios para su crecimiento; una vez adaptadas las plantas, se procedió a aumentar la solución de lixiviados al 100%.

3.3.1.2. Volumen de Humedal

El volumen de humedal a escala de laboratorio considera el tiempo de retención hidráulica, que, según Delgadillo, *et al.* (2010) el valor usual es de 6 días (p. 115).

$$V \left(\frac{m^3}{d} \right) = TRH * Q \left(\frac{m^3}{d} \right)$$

Donde:

V: volumen de humedal

TRH: tiempo de retención hidráulica

Q: caudal

Obteniendo así, un volumen de 0.108 m³ por humedal

3.3.1.3. Área superficial

En el diseño que menciona Delgadillo, *et al.* (2010) (Ver Tabla 2) el intervalo de profundidad del medio es de 0.30 m a 0.80

m, tomando como valor usual 0.45 m. y una porosidad de 0.36 a 0.45 %, tomando como valor usual 0.45 % (p. 115).

$$TRH = \frac{As * h * n}{Q}$$

Donde:

TRH = tiempo de retención en días (d)

As = área del terreno necesario (m²)

Q = Caudal del efluente de los lixiviados (m³/d)

n= porosidad del medio.

h = profundidad del medio. (m)

Despejando tenemos lo siguiente:

$$As = \frac{TRH * Q}{h * n}$$

$$As = \frac{6d * 0.018m^3/d}{0.45 * 0.45}$$

Obteniendo así, un Área superficial de 0.50 m² por humedal

Luego de haber Calculado el Área Superficial, procedemos a calcular las dimensiones del Humedal artificial de flujo subsuperficial, teniendo en cuenta la relación largo-ancho que menciona Delgadillo, *et al.* (2010, p. 116).

$$As = L * W$$

Relación L / W = 2 / 1

$$0.50 = 2W * W$$

Obteniendo así, W =0.50 m y L = 1.0 m

Finalmente se instaló un tanque de distribución de 90L de lixiviados y 03 humedal de plástico, techo de calamina transparente para evitar la inundación de los humedales en época de lluvias.

Figura 5

Vista en planta del sistema de tratamiento

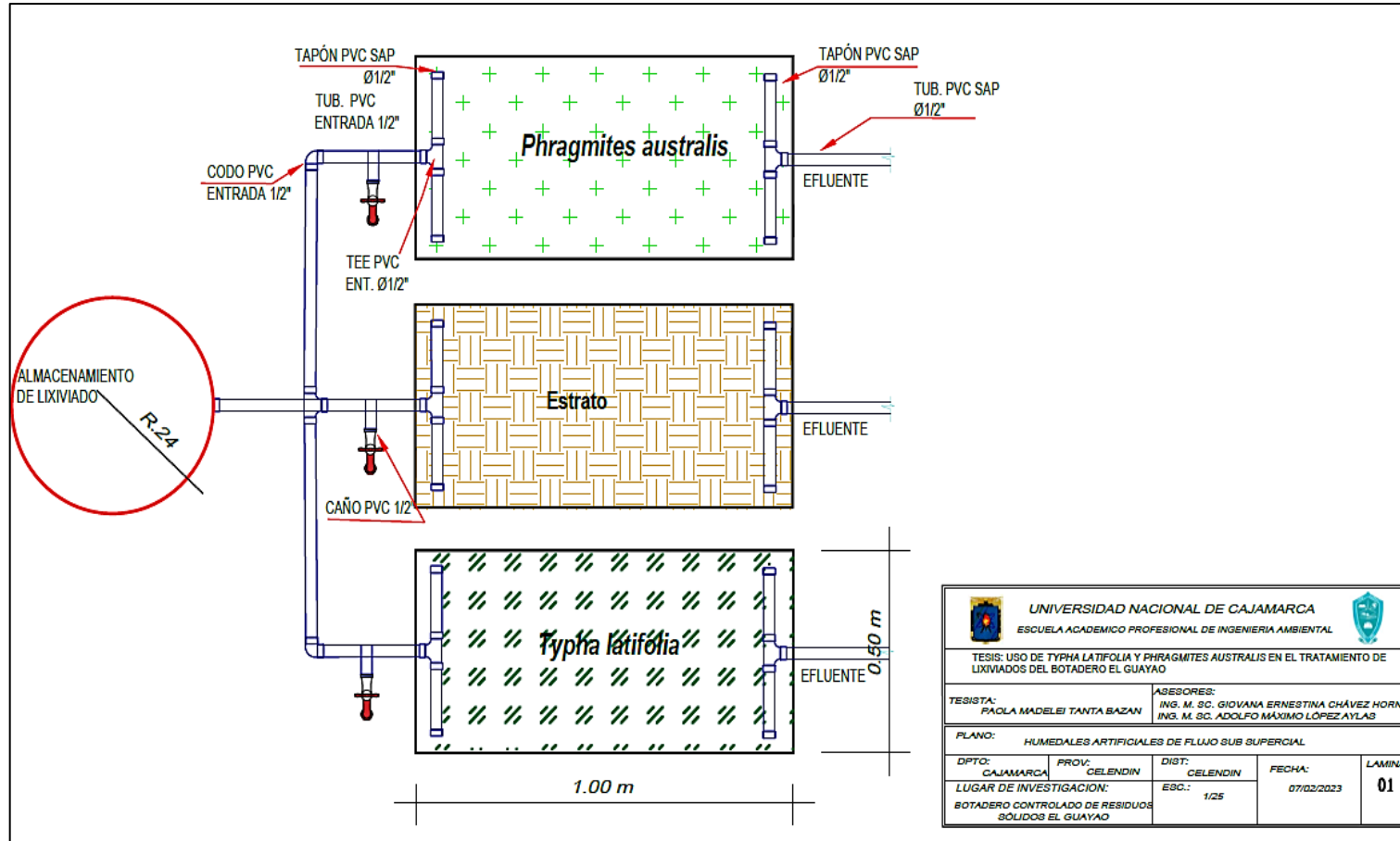
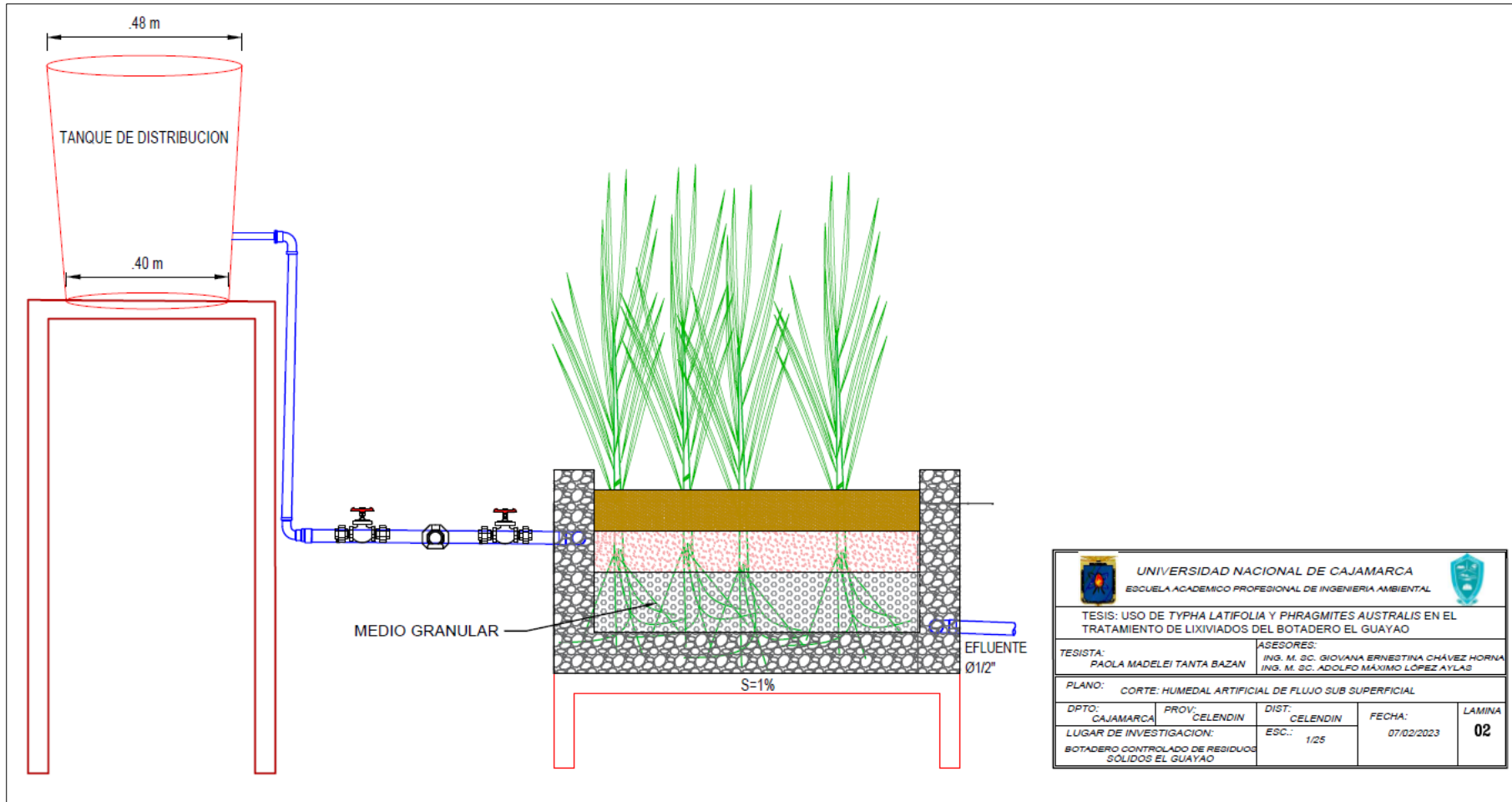


Figura 6

Perfil del sistema de tratamiento



3.3.2. Operación de humedales artificiales de flujo subsuperficial a escala de laboratorio

Se procedió a recoger el material biológico de *Typha latifolia* y *Phragmites australis* necesitando un período de aclimatación de aproximadamente cinco meses hasta obtener el tamaño y las características adecuadas.

3.3.3. Puntos y frecuencia del monitoreo para la obtención de datos

Para determinar la eficiencia del humedal artificial de flujo subsuperficial se tomó las muestras del afluente (tanque de distribución hacia los humedales) y efluente (salida de los humedales artificiales), por un periodo de siete meses, empezando después de la aclimatación de las especies (05 meses).

3.3.4. Técnicas de recolección de información

El presente trabajo de investigación consistió en evaluar los parámetros en estudio del lixiviado en cuatro puntos de monitoreo representados como MP1 (tanque de distribución), PM2 (*Typha Latifolia*), PM3 (*Phragmites australis*) y humedal estrato, de acuerdo con el método de ensayo del Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca.

Tabla 6*Métodos de ensayo utilizados para la determinación de parámetros*

N°	Parámetro	Método de Ensayo
1	Nitrato	EPA Method 300.1 Rev. 1.0. 1997: Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Cromatography
2	Fosfato	EPA Method 300.1 Rev. 1.0. 1997: Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Cromatography
3	Plomo	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994 (Validado). 2014: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
4	Cromo	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994 (Validado). 2014: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
5	Cadmio	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994 (Validado). 2014: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
6	Temperatura	Medición física – Termómetro
7	pH	Instrumental - Potencial de hidrógeno pHmetro

*Nota: Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca***3.4. Trabajo de gabinete****3.4.1. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

La obtención de la eficiencia en la disminución de contaminantes se realizó a través de la obtención de los siguientes aspectos:

- Constituyó el análisis y procesamiento de datos obtenidos, mediante obtención de la media aritmética. Para comparación con el afluente de tratamiento y la normativa.
- Haciendo uso de los valores promedios de plomo, cromo, cadmio, nitrato y fosfato; obtenidos en cada punto de monitoreo del sistema de tratamiento se procedió a calcular el porcentaje de remoción de nutrientes con el humedal artificial de flujo subsuperficial.

$$\% \text{ Remoción} = \frac{N \text{ afluente} - N \text{ efluente}}{N \text{ afluente}} * 100$$

Donde:

% Remoción: Eficiencia de remoción de metales pesados y nutrientes

N Afluente: concentración del parámetro en la entrada del sistema de tratamiento.

N Efluente: concentración del parámetro en la salida del sistema de tratamiento.

3.4.2. Cálculo para el análisis de varianza

Se utilizó el análisis de varianza para contrastar las hipótesis planteadas y evaluar los efectos de los tratamientos con los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal en lixiviados proveniente del botadero controlado de residuos sólidos Celendín.

Tabla 7*ANVA general*

FUENTES	Sumas de cuadrado	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado	F Tabulado	Probabilidad (p)	Significancia
Tratamiento	SC _{tratamiento}	T-1 = 3	M1	M1/M2			
Error experimental	SC _{Error}	N-T = 24	M2				
Total	SC _{Total}	N-1 = 27					

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentración de Nitrato (NO_3^-)

En la tabla 8 se muestra los valores de las concentraciones de nitrato en mg/L en cada punto de monitoreo con siete repeticiones, la concentración más elevada se encuentra en el efluente del tanque de distribución con valor promedio de 7.064 mg/L, determinándose que existe remoción en los efluentes de tratamiento con *Typha latifolia* de 3.464 mg/L, *Phragmites australis* de 2.577 mg/L y el estrato con concentración de 5.496 mg/L. concordando con la caracterización química y biológica de lixiviado presentado por Roben (2002) que indica que las concentraciones de nitrato es de 5 – 40 mg/L.

Tabla 8

Concentraciones de nitrato

TRATAMIENTO N°	Tanque de distribución	<i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>	Estrato
1	5.610	3.128	2.951	4.490
2	5.530	3.070	2.670	4.350
3	5.780	2.660	2.490	4.090
4	7.660	3.700	3.060	6.020
5	7.900	3.310	2.740	5.460
6	8.500	4.020	2.360	6.910
7	8.470	4.360	1.770	7.150
Promedio	7.064	3.464	2.577	5.496

Del análisis estadístico al verificar que el f calculado es mayor al f tabulado, tabla 9, se obtuvo que el tratamiento con la especie *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y tratamiento con el estrato es altamente significativo para el indicador de nitrato, este resultado es amparado al obtener un valor de $p= 0.00$ menor a 0.05 , demostrando estadísticamente que el tratamiento con las especies en mención es eficiente respaldando los porcentajes de remoción de nitrato en lixiviados, con un 95 % de confiabilidad.

El coeficiente de variabilidad es menor a 30%, indicando la variabilidad de los resultados en cada punto de muestreo, y es aceptable para este tipo de experimentos a campo abierto.

Tabla 9

Análisis de varianza para nitrato

FUENTES	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado (Fc)	F Tabulado (Ft)	Probabilidad ($p<0.05$)	Significancia
Tratamiento	85.73	3	28.58	28.89	3.10	0.00	*
Error Experimental	23.74	24	0.99				
Total	109.47	27					

CV = 21.39%

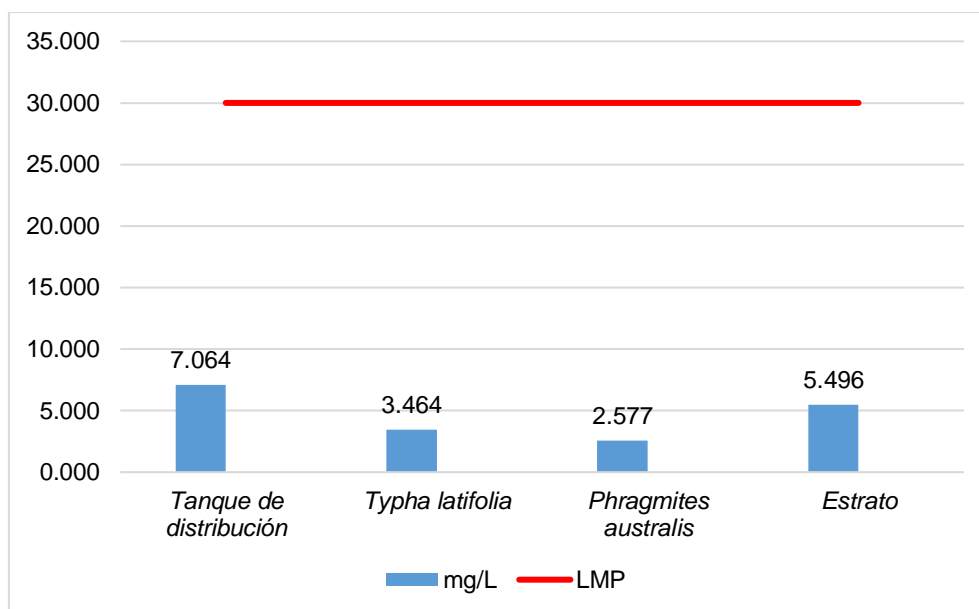
(*) *Hay significancia*

En la figura 7, se observa los valores promedio de nitrato según los análisis de laboratorio, las concentraciones de nitrato en el PM1 (tanque de distribución) podemos observar el valor de 7.064 mg/L, luego de aplicar el tratamiento con la especie *Typha latifolia* (PM2) existe una reducción significativa de 3.464 mg/L; *Phragmites australis* (PM3) de 2.577 mg/L y el humedal con estrato que se puede observar que existe una mínima reducción del contaminante con valor de 5.496 mg/L. Haciendo una

comparación con los valores máximos admisibles si cumple para descargas al sistema de alcantarillado y aguas superficiales cuyo valor no supera a 30 mg/L.

Figura 7

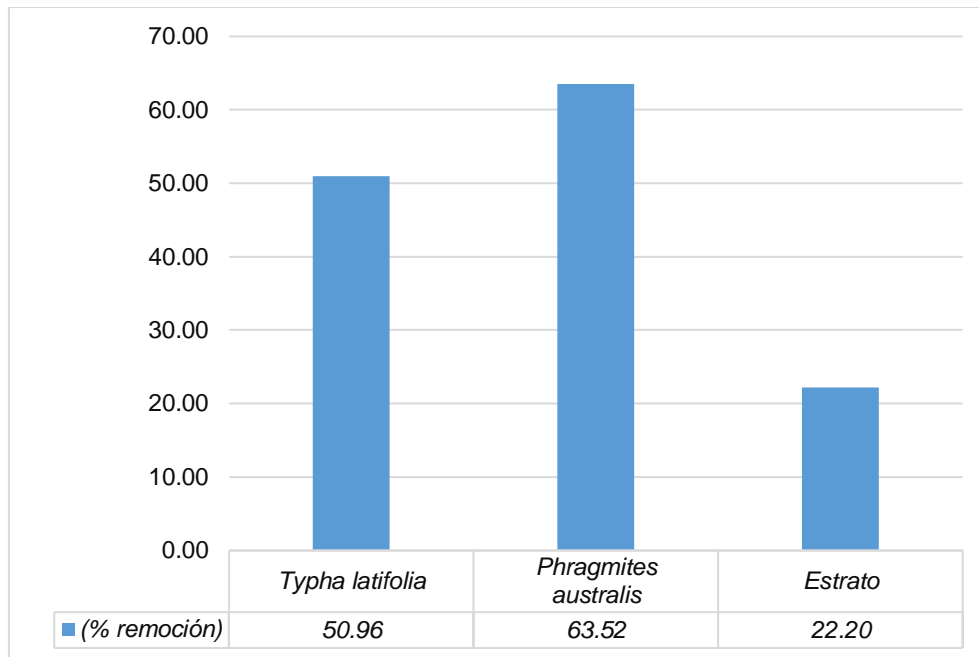
Concentraciones promedio de nitrato en el sistema de tratamiento y LMP



La figura 8 muestra los porcentajes de remoción de nitrato, existe mayor remoción en el PM3 (*Phragmites australis*) de 63.52 %, seguido de PM2 (*Typha latifolia*) con 50.96 % y finalizando con el humedal estrato con un porcentaje de remoción de 22.20 %; Vásquez (2017), sostiene que los nitritos (NO_2^-) son oxidados por el grupo de nitro bacterias para formar nitrato (NO_3^-). Los nitratos formados pueden servir como fertilizantes para las plantas en el humedal. Gebremariam y Beutel (2008) en su investigación menciona que la diferencia en las tasas de eliminación de nitrato entre los tratamientos con *Typha* y *Scirpus spp*, puede deberse a la diferente calidad del carbono de las plántulas de totora, nuestros resultados confirman que la *Typha spp*. debe usarse para tratar el nitrato, un contaminante que requiere la actividad de microorganismos anaerobios para ser transformados en gas di nitrógeno inocuo.

Figura 8

Porcentaje de remoción de nitrato



Forero (2009) sostiene que, en ausencia de oxígeno, las bacterias heterótrofas utilizan el nitrato como aceptor de electrones para degradar la materia orgánica, un proceso conocido como desnitrificación, que elimina rápidamente el nitrato formado.

Estrada (2010) en su investigación obtuvo resultados sobre la asimilación de nitrógeno por parte de las plantas, solo una pequeña fracción del nitrógeno total puede ser eliminada por esta vía. La remoción de nitrógeno en humedales puede alcanzar valores por encima del 80 %. Puede medirse el nitrógeno que entra en sistemas de humedales como nitrógeno orgánico y amoniacal (la combinación de estas dos se representa como Nitrógeno Total, nitrito y nitrato) (p. 95).

Gonzales y Álvarez (2017) concluyó que, en el experimento realizado, en las capas subterráneas del suelo, las plantas contribuyeron a una eliminación de N-nitrato más rápido en un promedio de 83 % en presencia de *Phragmites australis* y 32 % sin plantas durante el período más cálido (p. 103).

4.2. Concentración de Fosfato (PO_4^{3-})

En la tabla 10 muestra los valores de las concentraciones de fosfato en los puntos de monitoreo realizados por el Laboratorio Regional del Agua, con siete repeticiones, determinándose que existe remoción en los efluentes de tratamiento con *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y el estrato a comparación de la concentración presente en el tanque de distribución. Coincidiendo con Roben (2002) que en la caracterización fisicoquímica y biológica indica que las concentraciones de fosfato en lixiviados son de 5 – 100 mg/L.

Tabla 10

Concentraciones de fosfato

TRATAMIENTO N°	Tanque de distribución	<i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>	Estrato
1	9.530	4.590	5.120	7.840
2	12.180	5.660	5.430	8.900
3	14.140	9.050	8.610	12.130
4	15.620	8.930	7.890	13.040
5	14.270	7.500	8.440	12.330
6	7.270	3.690	5.725	6.540
7	9.035	3.730	6.195	7.230
Promedio	11.721	6.164	6.773	9.716

Al realizar el análisis de probabilidad de la tabla 11 se obtuvo un valor de $p=0.00$ menor a 0.05, demostrado estadísticamente que las especies *Typha latifolia* y *Phragmites australis* y el tratamiento con el humedal estrato tienen un efecto significativo en la remoción de fosfatos, entendiéndose que los nitratos han disminuido ligeramente, con un porcentaje de confiabilidad de 95%

El coeficiente de variabilidad es menor a 30%, indicando la variabilidad de los resultados en cada punto de muestreo, y es aceptable para este tipo de experimentos a campo abierto.

Tabla 11*Análisis de varianza para fosfatos*

FUENTES	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado (Fc)	F Tabulado (Ft)	Probabilidad (p<0.05)	Significancia
Tratamientos	141.78	3	47.26	7.58	3.10	0.00	*
Error Experimental	149.66	24	6.24				
Total	291.44	27					

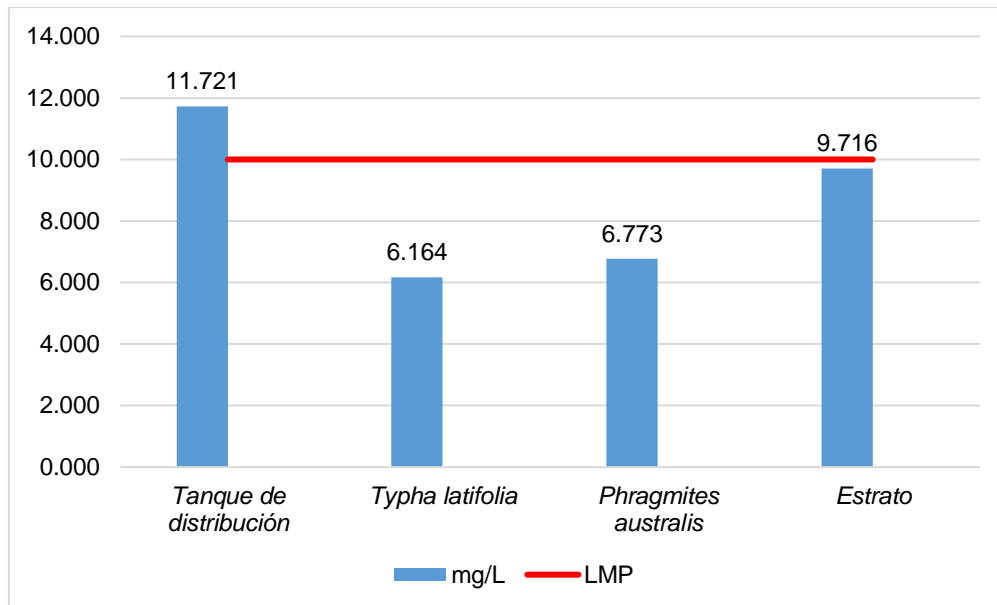
CV = 29.06%*(*) Hay significancia*

En la figura 9, se observa los resultados promedio de las concentraciones de fosfato dados por los análisis de laboratorio, la concentración de fosfato en el PM1(tanque de distribución) es de 11.72 mg/L , para el tratamiento con la especie *Typha latifolia* (PM2) existe una reducción significativa con el valor de 6.16 mg/L; con la especie *Phragmites australis* (PM3) con valor de 6.77 mg L y el humedal estrato se puede observar que existe una mínima reducción del contaminante con una concentración promedio de 9.72 mg/L . Haciendo una comparación con los valores máximos admisibles si cumple para descargas al sistema de alcantarillado y aguas superficiales cuyo valor en los tratamientos no supera a 10 mg/L.

Con los resultados obtenidos se realizó el cálculo del porcentaje de remoción de fosfato en el sistema de tratamiento con *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y el humedal estrato.

Figura 9

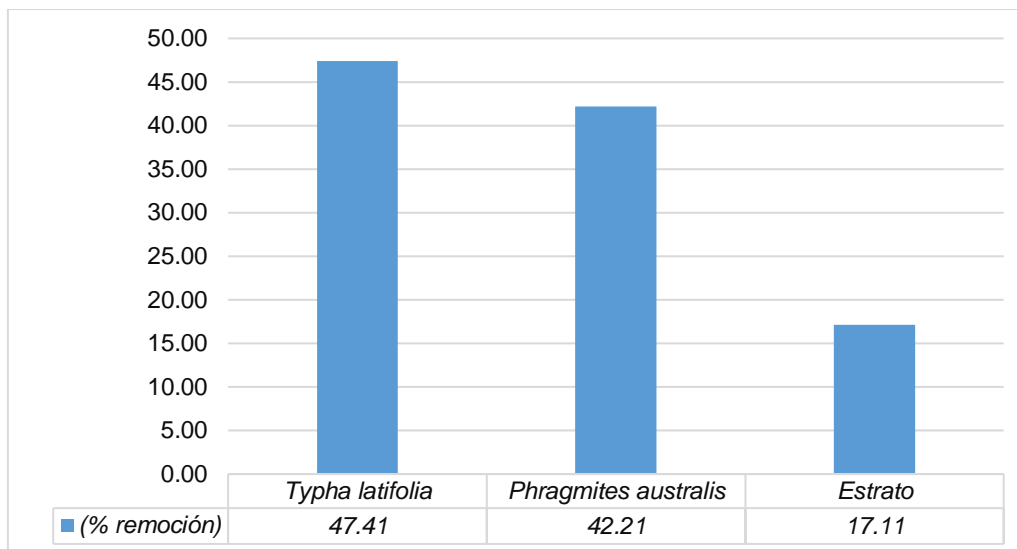
Concentración promedio de fosfatos en mg/L en el sistema de tratamiento



En la figura 10, se puede observar los porcentajes de remoción de fosfatos, existe mayor remoción en el PM2 (*Typha latifolia*) de 47.41 %, seguido de PM3 (*Phragmites australis*) con 42.21% y finalizando con el humedal estrato con un porcentaje de remoción de 17.11 %, mayor al 35.91% que obtuvo Mellado (2019) en el efluente sembrado con *Phragmites australis* con un afluente promedio de 22.41 mg/L, y a la salida del tratamiento determinó un valor promedio de 14.81 mg/L; discrepando con Chugden y Verastegui (2020) en la remoción del fosfato pudo demostrar que, tanto la totora como el carrizo tuvieron la misma capacidad depuradora con una eficiencia promedio de 91.7 % que es el promedio de las eficiencias de ambos

Figura 10

Porcentaje de remoción de fosfatos



4.3. Concentración de Plomo (Pb²⁺)

En la tabla 12 muestra los valores de las concentraciones de plomo en los puntos de monitoreo, con siete repeticiones, determinándose que existe remoción en los efluentes de tratamiento con *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y el estrato a comparación de la concentración presente en el tanque de distribución. concordando con la caracterización de lixiviado presentado por Roben (2002) que indica que las concentraciones de plomo (Pb) en rellenos sanitarios mayores a 10 años es < 2 mg/L

Tabla 12

Concentraciones de plomo

TRATAMIENTO N°	Tanque de distribución	<i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>	Estrato
	1	1.834	0.801	1.148
2	1.261	0.195	0.190	1.050
3	1.521	1.154	1.220	1.085
4	1.932	0.985	1.024	1.571
5	1.519	1.136	1.251	1.443
6	1.293	0.995	0.870	1.064
7	2.111	0.781	0.856	1.800
Promedio	1.639	0.864	0.937	1.362

En la tabla 13 el análisis de probabilidad ($p < 0.05$), muestra eficiencia en el tratamiento de lixiviados, estos valores resultan al analizar que el f calculado es mayor al f tabulado. Demostrando estadísticamente y aceptando la hipótesis alterna, es decir, los humedales artificiales de flujo subsuperficial con la especie *Typha latifolia* y *Phragmites australis* son eficientes en la remoción de plomo, al igual que el humedal estrato existe una ligera remoción del contaminante.

El coeficiente de variación es 27.51 %, indica la variabilidad de los resultados de plomo en cada punto de muestreo, y es aceptable para este tipo de experimentos a campo abierto.

Tabla 13

Análisis de varianza para plomo

FUENTES	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado (Fc)	F Tabulado (Ft)	Probabilidad ($p < 0.05$)	Significancia
Tratamientos	2.81	3	0.94	8.58	3.10	0.00	*
Error Experimental	2.62	24	0.11				
Total	5.42	27					

CV = 27.51%

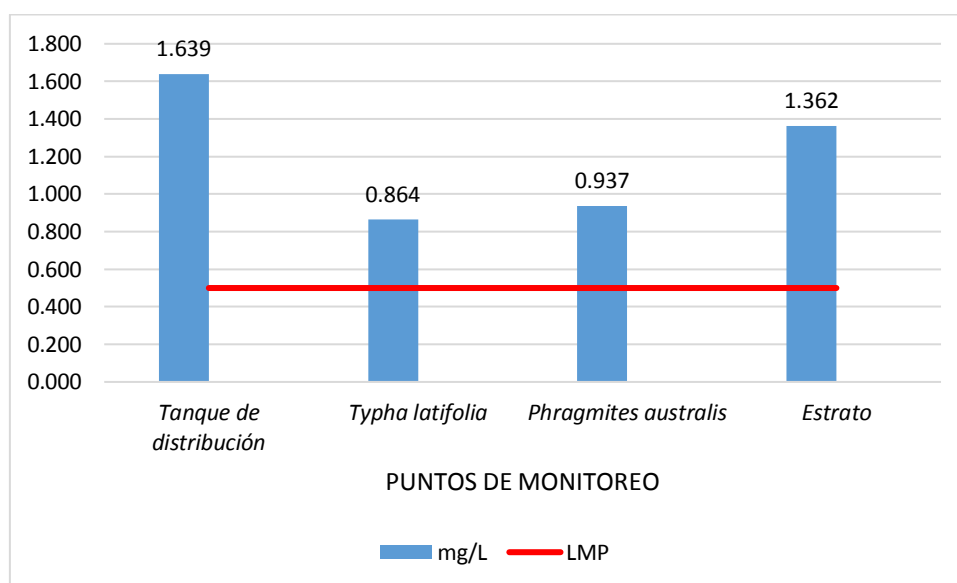
(*) *Hay significancia*

En la figura 11, se observa los resultados promedio de los análisis de laboratorio de las concentraciones de plomo, estos resultados se obtuvieron después del tiempo de adaptación de las especies utilizadas (cinco meses). La concentración promedio de plomo en el PM1 (tanque de distribución) es de 1.639 mg/L, después de aplicar el tratamiento con la especie *Typha latifolia* (PM2) existe una reducción significativa con valor promedio de 0.864 mg/L; con la especie *Phragmites australis* (PM3) existe también reducción en la concentración con valor de 0.937 mg/L y el

humedal estrato que se puede observar que existe una mínima reducción con un valor de 1.362 mg/L. Haciendo una comparación con los valores máximos admisibles no cumple para descargas de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad cuyo valor supera a 0.5 mg/L.

Figura 11

Concentraciones promedio (mg/L) de plomo

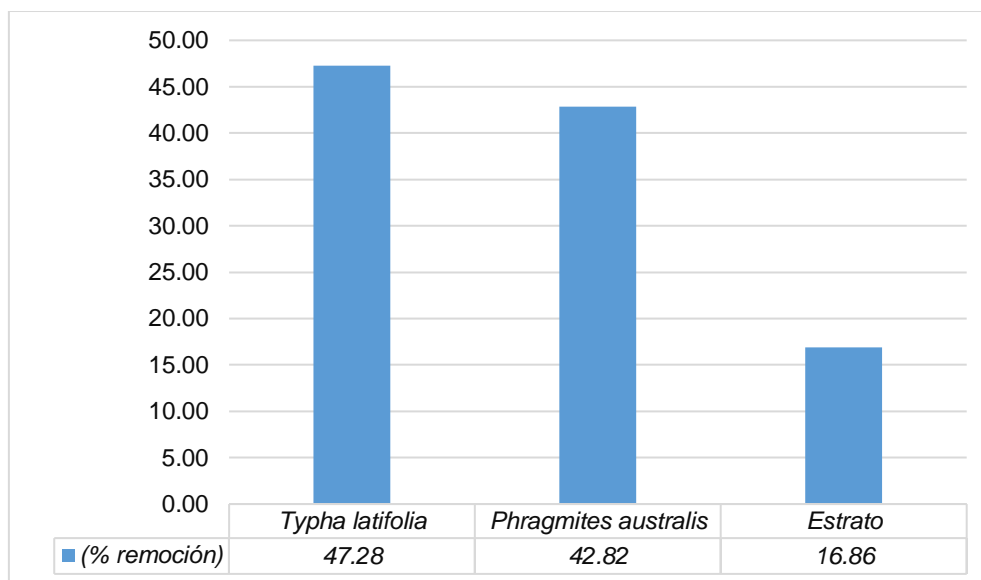


En la figura 12, se puede observar los porcentajes de remoción de plomo, existe mayor remoción en el PM2 (*Typha latifolia*) de 47.28%, inferior a los resultados registrados por Parra (2020) que obtuvo 83.12% de remoción con *Typha latifolia* y Oquendo (2016) trabajó con la especie *Typha latifolia* que fue cultivada en un sustrato de turba estéril enriquecida con nutrientes y expuesta diferentes concentraciones de plomo de 2, 5 y 10 mg/L en la que determinó un 62% de remoción en la concentración de 2 mg/L, seguido de PM3 (*Phragmites australis*) con 42.82 % coincidiendo con Úsuga, *et al.* (2018) quien obtuvo resultados de eficiencia con respecto a plomo de 29,9 - 44,9 %, los cuales a su vez se acumularon en las hojas, tallos y raíces (rizomas) de *Phragmites australis*, y finalizando con el humedal estrato con un porcentaje de remoción de 16.86; Chandra y Singh (2014), menciona que en la *Typha latifolia* el potencial de remoción para Pb solamente en la raíz mediante ligandos orgánicos;

discrepando con Jerez (2013) en *Phragmites australis* tuvo acumulación de plomo 5,8% en la raíz y un 94,2 % en la parte aérea.

Figura 12

Porcentaje de remoción de Plomo



4.4. Concentración de Cromo (Cr⁶⁺)

En la tabla 14 muestra los valores de las concentraciones de cromo en los puntos de monitoreo, se realizó siete repeticiones, determinándose que existe ligera remoción en los efluentes de tratamiento con *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y el estrato a comparación de la concentración presente en el tanque de distribución.

Tabla 14

Concentraciones de cromo

TRATAMIENTO N°	Tanque de distribución	<i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>	Estrato
1	0.150	0.073	0.101	0.132
2	0.230	0.131	0.160	0.211
3	0.247	0.132	0.123	0.219
4	0.245	0.129	0.146	0.218
5	0.236	0.121	0.131	0.208
6	0.208	0.112	0.098	0.187
7	0.207	0.076	0.111	0.200
Promedio	0.218	0.111	0.124	0.196

En la tabla 15 el valor del f calculado es mayor al f tabulado, para el análisis probabilístico de $p=0.00$ menor a 0.05 determinamos estadísticamente que el tratamiento con las especies *Typha latifolia* y *Phragmites australis* es significativo para el indicador de cromo y a la vez aceptando la hipótesis alterna, es decir los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal son eficientes con porcentajes de remoción significativos y el humedal estrato. Con un 95% de confiabilidad. El coeficiente de variación es 17.61 %, indica la variabilidad de los resultados en cada punto de muestreo, y es aceptable para este tipo de experimentos a campo abierto.

Tabla 15

Análisis de varianza para cromo

FUENTES	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado (Fc)	F Tabulado (Ft)	Probabilidad ($p<0.05$)	Significancia
Tratamiento	0.06	3	0.02	23.84	3.10	0.00	*
Error Experimental	0.02	24	0.00				
Total	0.08	27					

CV = 17.61 %

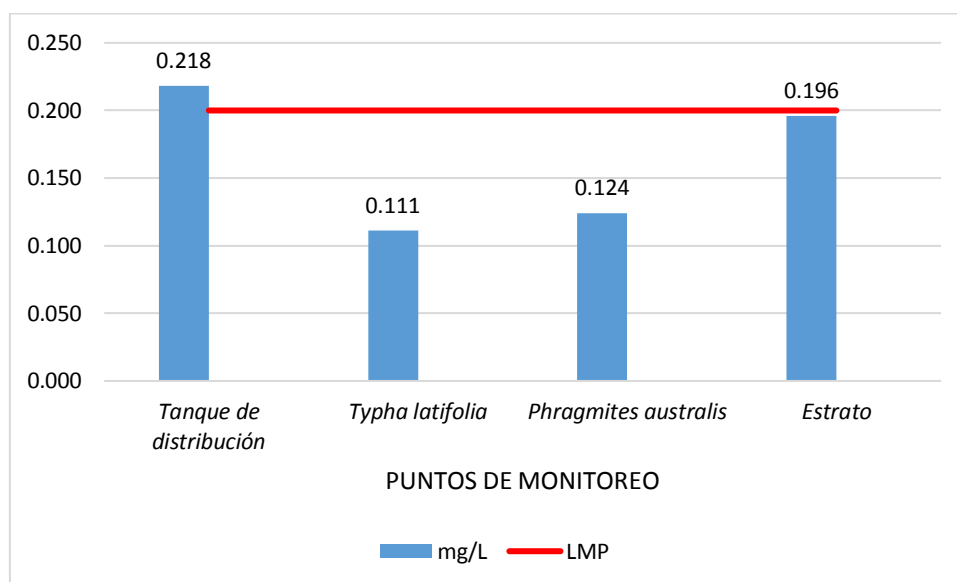
(*) Hay significancia

En la figura 13 se observa los resultados promedio de las concentraciones de cromo obtenidos en los análisis de laboratorio, las concentraciones de cromo en el PM1 (tanque de distribución) es de 0.218 mg/L, después de aplicar el tratamiento con la especie *Typha latifolia* (PM2) existe una ligera reducción con valor de 0.111 mg/L, coincidiendo con Oquendo (2020) que en el estudio de *T. latifolia* la concentración del plomo y cromo fue 0,06 mg/L y 0,08 mg/L respectivamente, estos resultados permiten plantear que presentó una capacidad intermedia de absorción de los metales Pb y Cr con mayor acumulación en la raíz y rizomas; con la especie *Phragmites australis* (PM3) existe reducción en las concentraciones con un valor desde 0.124 mg/L y el humedal estrato con una mínima reducción promedio de 0.196 mg/L. Comparando

con los valores máximos admisibles si cumple para descargas de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad cuyo valor no supera a 0.2 mg/L.

Figura 13

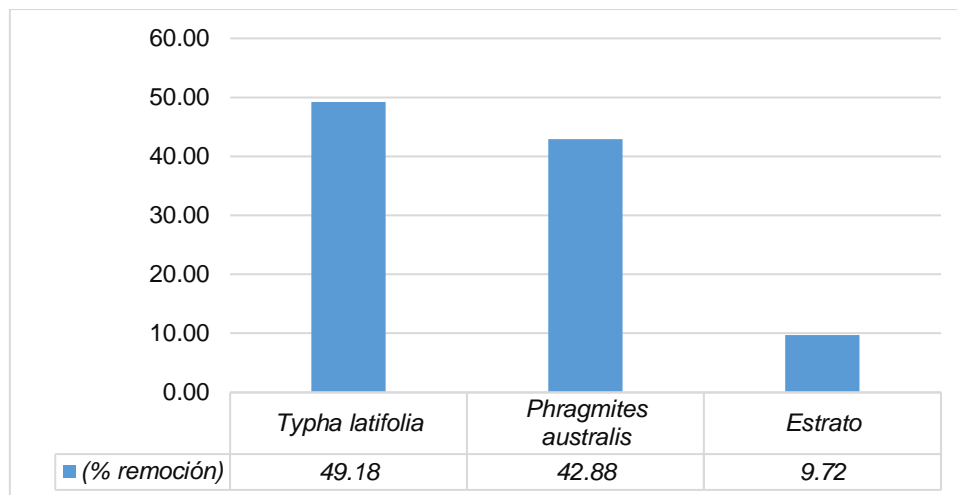
Concentraciones promedio en (mg/L) de cromo en el tiempo de ejecución



En la figura 14, se puede observar los porcentajes de remoción donde existe mayor remoción es en el PM2 (*Typha latifolia*) de 49.18 %, seguido de PM3 (*Phragmites australis*) con 42.88 % y finalizando con el humedal estrato con un porcentaje de remoción de 9.72%, coincidiendo con Kumari y Tripathi (2013) que al implementar humedales artificiales utilizando las especies de *Phragmites australis* y *Typha latifolia* sobre la biofiltración de metales pesados obtuvo resultados en Cr de 48.8 % con la especie de *Typha latifolia* y 49 % en remoción de cromo con la especie *Phragmites australis*. Por otro lado, Jerez (2013), estimó el uso de la fitorremediación con *Typha latifolia* para reducir el aumento de metales pesados en lixiviados, en cuestión del cromo, un 20.9 % se halla en la parte aérea de la planta, mientras para la raíz atina a un 79.1%.

Figura 14

Porcentaje de remoción de cromo



4.5. Concentración de Cadmio (Cd²⁺)

En la tabla 16 muestra los valores de las concentraciones de cadmio en cada punto de monitoreo, este análisis se realizó entre los meses de junio a noviembre con un total de siete repeticiones, determinándose una ligera remoción en los efluentes de tratamiento con *Typha latifolia*, *Phragmites australis* y el estrato. Concordando con la caracterización química y biológica de lixiviado presentado por Roben (2002) que indica que la concentración de cadmio en rellenos sanitarios mayores a 10 años es de <2 mg/L.

Tabla 16

Concentraciones de Cadmio

TRATAMIENTO N°	Tanque de distribución	<i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>	Estrato
	1	0.090	0.064	0.051
2	0.130	0.087	0.072	0.110
3	0.110	0.068	0.060	0.101
4	0.120	0.075	0.053	0.109
5	0.102	0.061	0.041	0.090
6	0.150	0.085	0.056	0.127
7	0.104	0.058	0.037	0.092
Promedio	0.115	0.071	0.053	0.101

Al realizar el análisis probabilístico ($p < 0.05$), muestra una alta significancia en el tratamiento, del mismo modo este resultado es amparado al analizar que el f calculado es mayor que el f tabulado, indicando estadísticamente que el tratamiento con las especies *Typha latifolia* y *Phragmites australis* son eficientes en la remoción de cadmio al igual que con el humedal estrato y aceptando la hipótesis alterna, los humedales artificiales de flujo sub superficial son eficientes en la remoción de cadmio proveniente de los lixiviados.

El coeficiente de variación es 17.78 %, indica la variabilidad de los resultados de cadmio en cada punto de muestreo, y es aceptable para este tipo de experimentos a campo abierto.

Tabla 17

Análisis de varianza para cadmio

FUENTES	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado (Fc)	F Tabulado (Ft)	Probabilidad ($p < 0.05$)	Significancia
Tratamiento	0.02	3	0.01	24.44	3.10	0.00	*
Error Experimental	0.01	24	0.00				
Total	0.02	27					

CV = 17.78 %

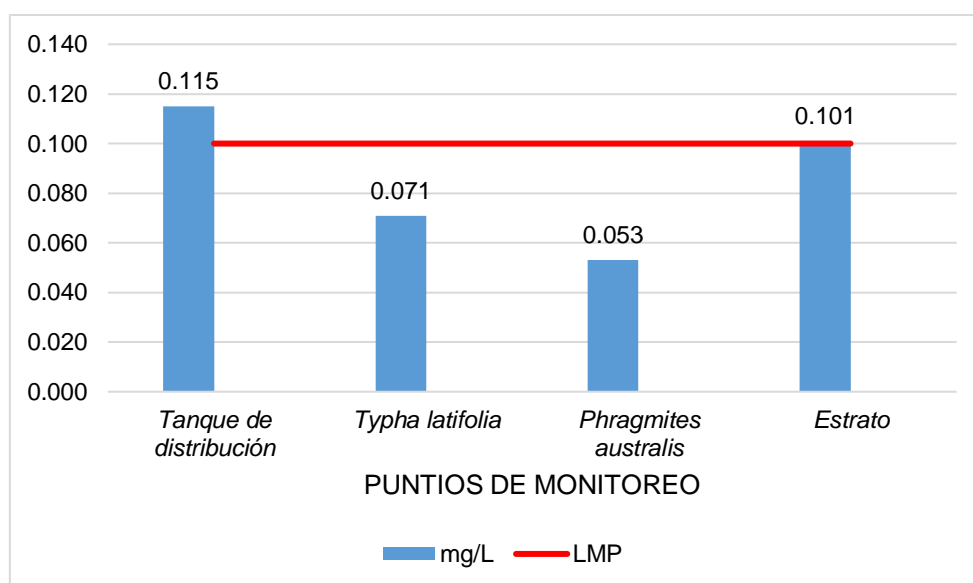
(*) *Hay significancia*

En la figura 15, se observa los resultados promedio obtenidos por el laboratorio de las concentraciones de cadmio, en el PM1 (tanque de distribución) el valor promedio de concentración obtenido es de 0.115 mg/L, valor que se encuentra por debajo de Límite Máximo Permisible indicado por el D.S N°2009-MINAM cuyo valor es de 0.1 mg/L; después de aplicar el tratamiento con la especie *Typha latifolia* (PM2) existe una mínima reducción con un valor de 0.071 mg/L; con la especie *Phragmites australis* (PM3) existe también reducción del contaminante con valor de 0.053 mg/L

Cd²⁺ y el humedal estrato que se puede observar que hay reducción mínima en el tratamiento con valor de 0.101 mg/L, coincidiendo con Tejeda (2010) que para remover contaminantes de Cd con plantas de *Typha latifolia* trabajó con concentraciones promedio en el afluente 7.110 mg/L y el pH del sistema que se mantuvo entre 7 y 8, en el humedal construido del flujo subsuperficial obtuvo una remoción de Cd 100%.

Figura 15

Concentraciones promedio en (mg/L) de cadmio



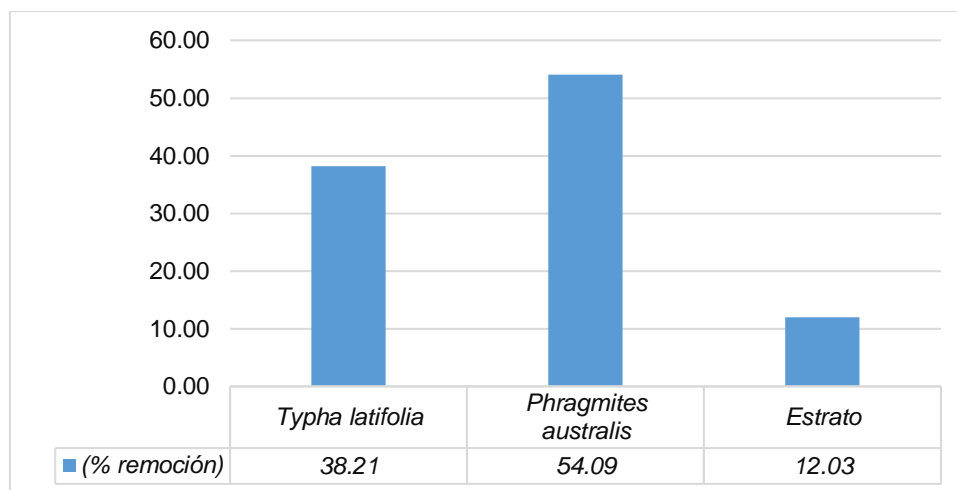
En la figura 16, se puede observar que existe mayor remoción en el PM3 (*Phragmites australis*) de 54.09 %, seguido de PM2 (*Typha latifolia*) con 38.21 % y finalizando con el humedal estrato con un porcentaje de remoción de 12.03 %, aceptando la afirmación de

Bello *et al*, (2018) llevó a cabo para investigar la capacidad de fitorremediación de *Phragmites australis* para eliminar cadmio (Cd), plomo (Pb) y níquel (Ni) del agua contaminada, para estudiar el efecto del pH y la salinidad en la eliminación de cadmio, plomo y níquel, y estimar el patrón de acumulación de estos metales en raíces, brotes y hojas de la planta. Los experimentos se realizaron en un sistema hidropónico de aguas profundas y se utilizó 5 mg/L como concentración de cada uno de los metales

pesados. Los resultados del estudio mostraron que *P. australis* tenía un residuo de 7% (93% de eliminación) de cadmio.

Figura 16

Porcentaje de remoción de Cadmio



4.6. Temperatura

La medición de temperatura se realizó durante la ejecución de proyecto en cada tratamiento, entre los meses de junio y noviembre con dos monitoreos al día, los resultados obtenidos en campo se encuentran en el anexo 3.

Figura 17

Temperatura promedio en cada sistema de tratamiento

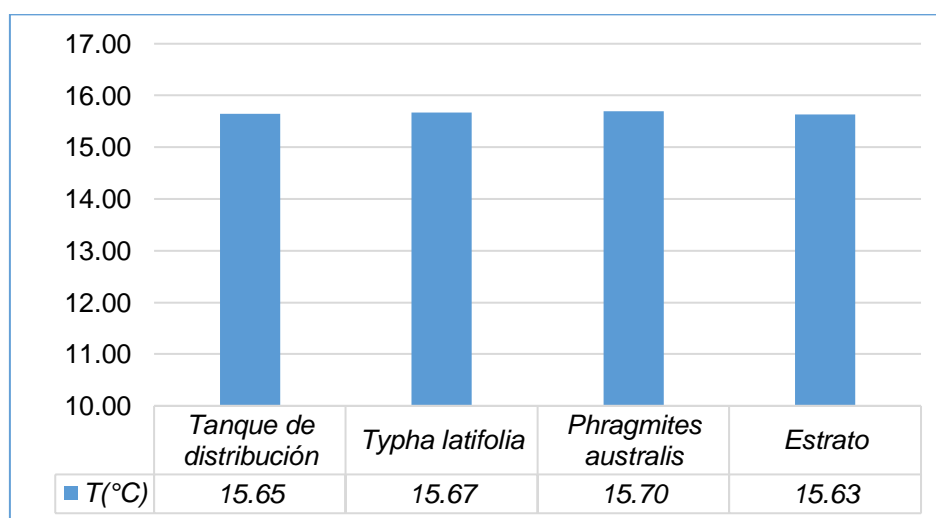
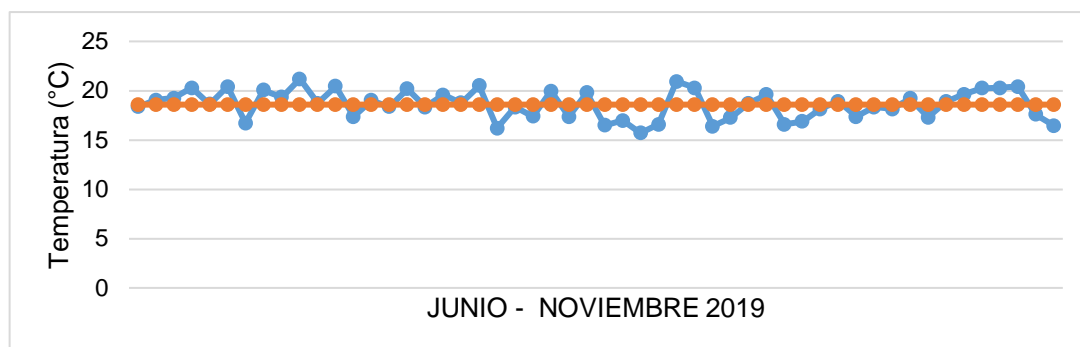


Figura 18

Temperatura ambiental (junio – noviembre 2019)

**Tabla 18**

Temperatura ambiental (junio - noviembre 2019)

FACTOR	VALOR
Temperatura promedio (°C)	13.5
Temperatura mínima (°C)	8.62
Temperatura máxima(°C)	21.60

La temperatura en el sistema de tratamiento se puede observar los resultados promedio durante el tiempo de ejecución de la investigación (figura 18), esto se realizó en cada tratamiento, el cual experimenta un mínimo incremento de temperatura para el humedal PM2 (*Typha latifolia*), PM3 (*Phragmites australis*) y el humedal estrato de 15.67 °C, 15.70 °C y 15.63 °C respectivamente registrados en horas de la mañana (09.00 – 10.40 am) y tarde (2.15 - 3.40 pm), respecto al comportamiento de las temperaturas se observa que no hay mucha diferencia entre los diversos tipos de tratamiento; corroborando con Bixquert (2013) que menciona que la planta *Typha latifolia* crece mejor en áreas donde las temperaturas diurnas anuales están entre 10 y 25 °C pero pueden tolerar entre 6 y 30 °C; el rango de temperaturas en el que se

desarrolla la planta *Phragmites australis* va de 12 – 33 °C, siendo el rango de temperaturas para que se produzca la germinación de 10 – 30 °C (p. 98).

La temperatura del tanque de distribución (PM1) con 15.65 °C es mayor a la temperatura ambiental promedio (figura 17), debido a que los análisis se realizaron en los meses de junio a noviembre, pues, el calor del agua es mayor que el del aire, la temperatura del agua es mayor que la temperatura ambiente en períodos fríos y menor que la temperatura ambiente en períodos cálidos, como menciona (Romero 2005)

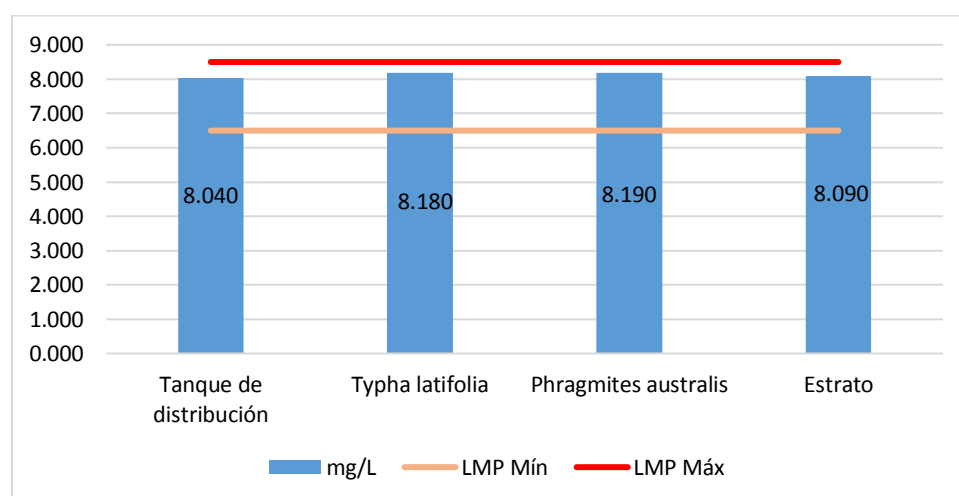
Valdivia (2019) muestra que los valores de temperatura en este tipo de medios pueden variar a diferentes horas del día según la cantidad de heliofanía (cantidad de brillo del sol) que reciban los sistemas (p. 73).

4.7. pH

El análisis de pH en cada tratamiento PM1 (Tanque de distribución), PM2 (*Typha latifolia*), PM3 (*Phragmites australis*) y el humedal estrato, el rango de pH es adecuado para el crecimiento de estas especies (2 – 8.5) como indica Izaguirre (2012); el monitoreo se realizó entre los meses de junio y noviembre semanalmente con dos monitoreos al día, los resultados obtenidos en campo se encuentran en el anexo 2.

Figura 19

Valores promedios de pH



Los valores de pH registrados por las unidades de tratamiento son muy similares durante todo el experimento, el pH registrado en el PM1 tiene un valor promedio de 8.04, el humedal estrato con un valor de 8.09, comparando los datos de entrada con datos de salida en el PM2 y PM3 de 8.180 y 8.190 respectivamente, se logra observar que hay un ligero aumento; Metcalf y Eddy (1995) sostienen que estas diferencias de pH pueden interpretarse como una reacción a un estado redox, lo que permite que el proceso de nitrificación se dé, ya que el rango más posible de pH para la acción de las bacterias nitrificantes es 7.5 – 8.6 (p. 1485).

Tejeda (2010) menciona que las plantas de *Typha latifolia* pueden regular los niveles de pH dentro del humedal activando su bomba de iones H⁺ para regular el medio iónico a su alrededor; esto le permite también captar nutrientes o los elementos que le son esenciales en condiciones adversas de pH o sustancias tóxicas; y Sepúlveda (2015) concluye que los parámetros óptimos para el crecimiento y la asimilación de nutrientes de la especie *Phragmites australis* se da en pH de 4.8 a 8.2 y para *Typha latifolia* en pH de 4 – 10 (p. 95).

En cuanto al límite máximo permisible para efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad, establece que el pH del efluente debe estar entre 6.5 - 8.5.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La especie *Typha latifolia* tuvo remoción en nitratos de 50.96 %, fosfatos 47.41 %, plomo 47.28 %, cromo 49.18 % y cadmio 38.21 %; la especie *Phragmites australis* en nitratos es de 63.52 %, fosfatos 42.21 %, plomo 42.82%, cromo 42.88 % y cadmio 54.09 %; además del humedal con estrato que tuvo 22.20%, 17.11%,16.86%, 9.72% y 12.03% para los contaminantes de nitratos, fosfatos, plomo, cromo y cadmio respectivamente. Siendo más eficiente *Typha latifolia* en fosfato, plomo y cromo y *Phragmites australis* se desempeñó mejor en los parámetros de nitrato y cadmio.
- En lixiviado crudo del botadero el Guayao presentó concentraciones para nitratos de 6.22 mg/L, fosfatos 10.83 mg/L, plomo 2.392 mg/L, cromo 0.260 mg/L, cadmio 0.132 mg/L.
- Se instaló los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal a escala de laboratorio con la selección de las mejores especies de *Typha latifolia* y *Phragmites australis* por su gran cantidad de biomasa favoreciendo la acumulación de contaminantes.
- Haciendo la comparación de los resultados con los límites máximos permisibles, se obtuvo que las concentraciones con *Typha latifolia* si cumplen a diferencia de plomo que el resultado de 0.864 mg/L supera al LMP de 0.5 mg/L; PM3

(*Phragmites australis*) están dentro del rango admisible, excepto para plomo con 0.937 mg/L supera el LMP de 0.5 mg/L y el humedal estrato cumple para los parámetros de nitrato, fosfato y cromo, pero sobrepasa el LMP en plomo de 1.362 mg/L y cadmio 0.101 mg/L contra 0.5 mg/L y 0.1 mg/L respectivamente.

- La temperatura se mantuvo en un rango de 15.63 – 15.70 °C, el pH de 8.04 – 8.19 para un caudal de 0.018 m³/d y TRH de 6 días.

5.2. Recomendaciones

- Realizar tratamientos en cadena o tipo tren, con diferente tiempo de retención hidráulica, así como también con las especies combinadas en un mismo humedal.
- Utilizar *Typha latifolia* y *Phragmites australis* en el tratamiento de lixiviados para remover aguas contaminadas por metales pesados.
- Ejecutar tratamiento primarios y secundarios antes de instalar humedales artificiales.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Álvarez Rogel, J., Tercero, M., Arce, M., Delgado, M., Conesa, H., González Alcaraz, M. (2016). *Eliminación de nitratos y emisiones potenciales de N₂O del suelo en marismas eutróficas con y sin Phragmites australis*. Murcia, España. <https://scihub.st/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706116303056>
- APHA-AWWA-WEF (Asociación Americana de Salud Pública. Asociación Americana de Obras de Agua. Federación de Ambiente de Agua). (2005). *Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales*. 21. ed.
- Bello, A., Tawabini, B., Khalil, A., Boland, C., Saleh, T. (2018). *Fitorremediación de aguas contaminadas con cadmio, plomo y níquel por Phragmites australis en sistemas hidropónicos*. Ingeniería ecológica. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.035>.
- Bixquert Ariño, F.J. (2013). *Estudio de la vegetación en el Humedal artificial tancat de la pipa y en el filtro verde v30: determinación de la biomasa vegetal y su contenido nutritivo, evaluación de la velocidad de crecimiento y asimilación de nutrientes*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/35383/TFM.pdf?sequence=1>

- Cabrera, A. y Ortiz, E. (2005). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento biológico de aguas residuales domesticas para la parroquia San Pablo de Lago*. [Tesis de título, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]
- Campos, I. (2000). *Saneamiento Ambiental*. 1. ed. San José. Costa Rica. 248 p.
https://books.google.com.pe/books?id=lsgrGBGIGeMCyprintsec=frontcoveryh1=esysource=gbs_ge_summary_rycad=0#v=onepageyqyf=false
- Chandra, V. y Singh, N. (2014). “*Rhizoremediation potential of spontaneously grown Typha latifolia on fly ash basins: Study from the field*”. *Ecological Engineering* 727 p.
- Chugden Romero, N.M. y Verastegui Ortiz, R.M. (2020). *Evaluación de la eficiencia de las plantas acuáticas totora y carrizo en la absorción y remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domesticas del distrito Namora – Cajamarca, 2020*. [Tesis de Título Profesional. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello].
http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1634/Chugden%20Romero%2c%20Narda%20Mirela_Verastegui%20Ortiz%2c%20Roc%c3%ado%20Mardeli.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Crites, R., Middlebrooks, E., Reed, S. (2006). *Sistemas de tratamiento de aguas residuales naturales*. Meyer, M.D. (ed.) CRC Press. Boca Raton, Florida.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420026443/natural-wastewater-treatment-systems-ronald-crites-joe-middlebrooks-sherwood-reed>
- Davis, L. (1994). *Manual de Humedales construidos*. Estados Unidos. 53 p.
<http://biblioteca.cehum.org/bitstream/CEHUM2018/1287/1/Davis.%20A%20Handbook%20of%20Constructed%20Wetlands%2C%20Volume%201%2C%20General%20Considerations.pdf>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia. 115 p.
<https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>

- Estrada, I. (2010). *Monografía sobre humedales artificiales de flujo Subsuperficial (hafss) para remoción de metales pesados en aguas residuales*. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://core.ac.uk/download/pdf/71396135.pdf>
- Fonseca Castro, C. (2010). *Diseño de Humedal Construido para tratar los lixiviados del proyecto de relleno sanitario de Pococí*. Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción. Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/6158>
- Forero Siachoque. I.J. (2009). *Estudio del comportamiento de humedales artificiales de flujo subsuperficial en la planta experimental de Carrión de los Cespedes*. [Tesis de título. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga]. file:///C:/Users/TANTA/Downloads/digital_17959.pdf
- García, L. (1999). *Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado*. 22 p. https://aguas.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf
- Gebremariam, S. y Beutel, M. (2008). *Eliminación de nitratos y niveles de OD en mesocosmos de humedales por lotes: totora (Typha spp.) versus espadaña (Scirpus spp.)*. Wasington, USA. <https://sci-hub.st/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857408001286>
- Giraldo, E. (2001). *Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios*. Colombia. https://www.researchgate.net/publication/291213041_Tratamiento_De_Lixiviados_De_Rellenos_Sanitarios_Avances_Recientes
- González Alcaraz, N y Álvarez Rogel, J. (2017) *Procesos biogeoquímicos y eliminación de nitrógeno y fósforo de aguas eutrofizadas en humedales del entorno del Mar Menor*. Murcia, España. <http://hdl.handle.net/10317/6069>
- Gonzalez, J. (2010). *Humedales artificiales para depuración*. España. <https://es.scribd.com/document/54475499/Manual-de-Fito-Depuracion-Filtros-de-Nacrofitas-en-Flotacion-Capitulos-6>

- Hernández, A., Rubio, J., Carranza, C., Álvarez, C. y Pacheco, J. (2014). *Obtención de aislados bacterianos de la rizósfera de Typha latifolia crecida en sitios contaminados con Plomo. San Luis Potosí, Mexico.* https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20Naturales%20T-II/Articulo_22.pdf
- Izaguirre, I., Allende, L., Escaray, R., Bustingorry, J., Pérez, G., y Tell, G. (2012). *Comparación de clasificaciones de fitoplancton morfofuncionales en lagos poco profundos impactados por humanos con diferentes estados estables.* Hydrobiologia. p 203. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5790-5_16 https://doi.org/10.1007/978-94-007-5790-5_16
- Jerez Chaverri, J.A. (2013). *Remoción de metales pesados en lixiviados mediante Fitorremediación.* [Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/1890>
- Kumari, M., Tripathi, B. (2013). *Efecto de Phragmites australis y Typha latifolia en la biofiltración de metales pesados de efluentes secundarios tratados.* <http://www.bioline.org.br/pdf?st15095>
- Lara, J. (1999). *Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales.* [Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cataluña]. <https://core.ac.uk/download/pdf/71396135.pdf>
- Luján Díaz, A.J. y Sánchez Soto, G.I, (2020). *Revisión sistemática – Eficiencia de Humedales artificiales en el tratamiento de lixiviados generados en la planta de residuos sólidos, Cajamarca-2020.* [Tesis de Bachiller. Cajamarca. Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/25912>
- Machado, R. (2018). *Investigación sobre la producción de lixiviados a partir de residuos orgánicos domésticos y aplicabilidad para el crecimiento de semillas de cebada.* Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14843>

- Mellado Delgado, G. (2019). *Determinación de la eficiencia de tres especies macrófitas para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. [Tesis de Título, Universidad Nacional Federico Villareal].
<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2729/MELLADO%20DELGADO%20GABRIELA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Metcalf y Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. McGraw Hill. 1485 p.
https://www.academia.edu/45529169/INGENIERIA_DE_AGUAS_RESIDUALES_TRATAMIENTO_VERTIDO_Y_REUTILIZACION_Volumen_II_Metcalf_y_Eddie
- MINAM (Ministerio del Medio Ambiente). (2002). *Guía Ambiental Para Rellenos Sanitarios*. 100 p.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005574/cartillas/rellenossanitarios/Rellenossanitarios1.pdf>
- Ministerio del Ambiente Decreto Supremo N° -2009-MINAM. *Aprueba los Límites Máximos Permisibles (Lmp) de Efluentes de Infraestructuras de Residuos Sólidos*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/311078/lmp_de_efluentes_de_residuos.pdf
- Ojeda, S., Lozano, G., Quintero, M. y Whitty, K. Smith, C. (2008). *Generación de residuos sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una ciudad mexicana. I*
<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A26.pdf>
- Oquendo Andino, J.R. (2016) *Evaluación de Typha latifolia en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de yahuarcocha* [tesis de maestría, Universidad Internacional SEK].
<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1606>

- Oquendo Andino, J.R. (2020). *Concentración de plomo y cromo en poblaciones de Typha latifolia L. (Typhaceae) en el lago Yahuarcocha. Revista Cubana de Ciencias Biológicas*. Imbabura, Ecuador. <file:///C:/Users/TANTA/Downloads/273-1144-1-PB.pdf>
- Parra López, E.J. (2020). *Evaluación de la eficiencia de la remoción de plomo en aguas residuales del río Tarma usando Hydrocotyle bonariensis Lam. y Typha latifolia L. en humedales artificiales*. [Tesis de Título Profesional. Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/831/Tesis%20-%20Parra%20L%c3%b3pez%2c%20Erick%20Jhon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peeverly, J.H., Surface, J.M., y Wang, T. (1995). *Crecimiento y absorción de metales traza por Phragmites australis en humedales construidos para el tratamiento de lixiviados de vertederos*. Ecological Engineering. [https://doi.org/10.1016/0925-8574\(95\)00018-E](https://doi.org/10.1016/0925-8574(95)00018-E)
- PIGARS (Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos). (2015). Municipalidad Provincial de Celendín.
- Ramallo, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. España: Reverté. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=yid=T9MfEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5y&dq=-%09Ramallo,+Rs.+1996.+Tratamiento+de+aguas+residuales.+Espa%C3%B1a:+Revert%C3%A9&ots=3jJRos7iwaysig=CCdetfsS2MJmunl2XzEYdrakw1Q>
- Rand, G. M. (1995). *Fundamentos de Toxicología Acuática: efectos, destino ambiental y evaluación de riesgos*. 2. ed. London.
- Reed, S., Crites, R., Middlebrooks, E (1995). *Sistemas Naturales de Gestión y Tratamiento de Residuos*. Second Edition, McGraw Hill Co, New York, New York. 576 p. <https://doi.org/10.1201/9781420026443>
- Renou, S., Givaudan, G., Poulain, S., Dirassouyan, F., Moulin, P. (2008). Tratamiento de lixiviados de vertederos: revisión y oportunidad. *Journal of Hazardous Materials*. 150(3), 468-493. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.077>

- Roben, E. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. DED/Municipalidad de Loja. Ecuador. 151p.
<https://www.accionecologica.org/wp-content/uploads/loja.pdf>
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales; Teoría y principios de diseño*. 3 ed. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia. <https://unilibros.co/gpd-tratamiento-de-aguas-residuales-teoria-y-principios-de-diseno.html>
- Romero, J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. 2 Ed. Bogotá, Colombia. Escuela Colombiana de ingeniería. 1242p.
- Romero, J. (2009). *Calidad del agua*. 3 ed. Colombia. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 484 p.
- Salazar, A. y Morales P. (2003). *Adaptación y evaluación de plantas típicas de la zona cafetera como tratamiento de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. 127 p.
- Segura Delgado, P. y Rocha Vera, W.A, (2019). *Eficiencia de remoción de contaminantes de lixiviados generado en un relleno sanitario, mediante un biodigestor y humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal a través de la especie macrófita emergente carrizo (*Phragmites australis*)*. [Tesis para Título Universidad Peruana Unión]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1942/Paul_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (2018). *Boletín hidrológico mensual 2018*. <https://www.senamhi.gob.pe/?yp=estaciones>
- Sepúlveda Mardones, M. I. (2015). *Producción de metano en el tratamiento de aguas servidas por humedales de flujo horizontal subsuperficial utilizando *Phragmites australis* y *Schoenoplectus californicus*: composición de las comunidades microbianas*. [Tesis para Título, Universidad de Concepción]. <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-mario-sepulveda-2015.pdf>

- Tchobanoglous, G., et al, (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. McGraw Hill. España.
<https://www.worldcat.org/title/gestion-integral-de-residuos-solidos/oclc/1024004621>
- Tchobanoglous, G., et al. (2000). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Vol. I. Editorial McGraw Hill.
- Tejeda González, J.C. (2010). *Diseño de un humedal para la remoción de Cd, As y Cr con plantas de Typha latifolia (espadaña)*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma San Luis Potosí].
<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3701/MCA1TGJ201001.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Úsuga, F. A., Patiño, A. F., Rodríguez, D. C., y Peñuela, G. A. (2018). *Estudio cinético y remoción de contaminantes en el tratamiento de lixiviados empleando humedales subsuperficiales a nivel piloto*. Revista ION, p 55–63.
<https://doi.org/10.18273/revion.v30n2-2017005>
- Valdivia Rodríguez, C.A. (2019). *Eficiencia de Eichhornia crassipes (mart.) Solms laub - pontederiaceae y nasturtium officinale w.t. Aiton – brassicaceae en la remoción de DBO5 y DQO del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín*. [Tesis para Título Profesional. Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3458>
- Vásquez Chacón, M.A. (2017). *Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1197>
- Vera León, V.I. y Villacorta García, D.N. (2018). *Acumulación de hierro y plomo por los rizomas de Phragmites australis Trin. Ex-Steud.* [Tesis para título, Universidad Nacional de Trujillo].
[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11358/Vera%20Le%c3%b3n%](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11358/Vera%20Le%c3%b3n%20y%20Villacorta%20Garc%C3%ADa%20D.N.%202018.pdf)

[2c%20Vivianne%20Ivette%20y%20Villacorta%20Garc%c3%ada%2c%20Dayana%20Natal%c3%ad.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Ziyang, I. Youcai, Z., Tao, Y., Yu, S., Huili, C., Nanwen, Z., Renhua, H. (2009). *Atenuación Natural y Caracterización de la Composición de Contaminantes en Lixiviados de Relleno Sanitario a Diferentes Edades de Disposición*. Desde el Medio Ambiente Total. 407(10), 3385-3391. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.01.028>

Zuñiga del Canto, J. (2004). *Influencia del soporte y tipo de macrófita en la remoción de materia orgánica y nutrientes en humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso]. http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-2000/UCK2037_01.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tabla 19

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Unidad de Análisis
<p>¿Cuál es el porcentaje de remoción de nutrientes y metales pesados del lixiviado procedente del botadero el Guayao a través del uso de <i>Typha latifolia</i> y <i>Phragmites australis</i>?</p>	<p>Objetivo principal</p> <p>Determinar el porcentaje de remoción de nutrientes y metales pesados del lixiviado procedente del botadero el Guayao a través del uso de <i>Typha latifolia</i> y <i>Phragmites australis</i>.</p>	<p>El uso de <i>Typha latifolia</i> y <i>Phragmites australis</i> es eficiente en el tratamiento de lixiviados del botadero el Guayao.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Eficiencia de <i>Typha latifolia</i> y <i>Phragmites australis</i></p>	<p>Lixiviado del Botadero el Guayao</p>
	<p>Objetivos específicos</p> <p>Caracterizar la composición del lixiviado extraído del botadero el Guayao en cuanto a su contenido de nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), Plomo (Pb), Cromo (Cr+6) y cadmio (Cd);</p> <p>Instalar y operar el prototipo físico para el modelo de tratamiento del lixiviado; Seleccionar especies vegetales para la remediación del lixiviado en función al contenido de nitratos, fosfato y algunos metales pesados presentes; Contrastar los resultados del laboratorio con la normatividad vigente; Estimar parámetros de temperatura, pH, caudal, tiempo de retención hidráulica.</p>		<p>Variable dependiente:</p> <p>Porcentaje de remoción</p>	

Anexo 2. Resultados de pH

Tabla 20

Resultados del parámetro pH

N°	FECHA	pH			
		Tanque de distribución	<i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>	Estrato
1	3/06/2019	7.89	7.91	7.99	8.78
		7.83	7.85	7.87	8.67
2	12/06/2019	7.84	7.87	7.81	8.71
		7.80	7.99	7.88	8.69
3	19/06/2019	7.90	7.99	7.98	8.66
		7.83	8.01	8.00	8.74
4	26/06/2019	7.94	7.98	8.03	8.63
		7.91	8.12	8.07	8.94
5	3/07/2019	8.30	8.35	8.40	8.31
		8.27	8.28	8.22	8.23
6	10/07/2019	8.25	8.28	8.36	8.64
		8.30	8.25	8.29	8.60
7	17/07/2019	7.91	8.12	8.15	8.45
		7.89	8.04	8.02	8.41
8	24/07/2019	8.01	8.15	8.11	7.74
		7.98	8.21	8.25	7.82
9	31/07/2019	8.36	8.37	8.36	8.40
		8.30	8.31	8.38	8.37
10	7/08/2019	8.32	8.35	8.41	8.24
		8.35	8.36	8.39	8.19
11	14/08/2019	8.00	8.23	8.18	7.90
		8.09	8.20	8.16	8.05
12	21/08/2019	8.40	8.45	8.42	7.33
		8.49	8.55	8.48	8.25
13	28/08/2019	7.61	7.86	7.94	7.41
		7.57	7.94	8.04	7.29
14	4/09/2019	7.84	7.99	8.13	7.38
		7.73	7.87	7.97	7.43
15	11/09/2019	8.23	8.28	8.35	8.11
		8.11	8.26	8.24	7.97
16	18/09/2019	7.68	7.89	7.77	7.57
		7.65	7.94	7.81	7.52
17	25/09/2019	8.12	8.35	8.46	8.16
		8.19	8.26	8.33	8.13
18	2/10/2019	8.25	8.39	8.37	8.24
		8.17	8.34	8.25	8.10

19	9/10/2019	8.14	8.27	8.19	8.04
		8.22	8.35	8.24	8.18
20	16/10/2019	7.64	7.89	7.93	7.41
		7.53	7.92	8.15	7.27
21	23/10/2019	8.38	8.45	8.49	8.34
		8.42	8.37	8.31	8.22
22	30/10/2019	7.90	8.10	8.16	7.43
		7.81	8.12	8.19	7.54
23	6/11/2019	8.31	8.39	8.36	8.23
		8.24	8.41	8.47	8.19
24	13/11/2019	7.85	7.97	8.06	7.29
		7.98	8.05	8.17	7.71
25	20/11/2019	8.19	8.31	8.39	8.41
		8.12	8.34	8.33	7.94
26	27/11/2019	8.13	8.39	8.37	8.07
		8.16	8.35	8.24	8.09

Anexo 3. Resultados de Temperatura

Tabla 21

Resultados del parámetro temperatura (°C)

N°	FECHA	HORA DE REGISTRO	TEMPERATURA (°C)			
			Tanque de distribución	<i>Typha latifolia</i>	<i>Phragmites australis</i>	Estrato
1	3/06/2019	09:28 - 10:00	15.00	15.10	15.30	15.30
		14:21 - 14:50	18.80	19.00	18.80	19.00
2	12/06/2019	09:10 - 9.40	15.70	15.50	15.80	15.60
		14:30 - 14:50	17.00	17.20	17.10	17.60
3	19/06/2019	09.40 - 10.05	14.90	14.80	15.00	14.90
		14:15 - 14:30	18.20	18.20	18.00	18.40
4	26/06/2019	09:20 - 9.45	13.50	13.60	13.70	13.30
		14:25 - 14: 46	16.00	16.30	16.40	16.20
5	3/07/2019	10.00 - 10.22	13.80	13.70	14.00	14.00
		14:28 - 14: 46	15.90	16.20	16.10	16.00
6	10/07/2019	09.45 - 10.10	12.70	13.00	12.90	12.90
		14:31 - 14:50	16.30	16.30	16.50	16.80
7	17/07/2019	09.35 - 10.03	14.50	14.60	14.30	14.70
		14:15 - 14:30	15.60	15.70	15.30	15.60
8	24/07/2019	10.10 - 10.40	13.70	13.80	13.50	13.80
		14:20 - 14:50	17.60	17.50	17.50	17.30
9	31/07/2019	09:23 - 9.45	14.00	14.30	14.50	14.30
		14:15 - 14:30	18.40	18.50	18.60	18.30

10	7/08/2019	10.00 - 10.20	15.60	15.70	15.80	16.00
		14:30 - 14:50	19.00	19.80	19.40	19.10
11	14/08/2019	09:40 - 10.07	12.30	12.60	12.10	12.00
		14:25 - 14: 46	13.80	13.60	13.80	13.70
12	21/08/2019	10.00 - 10.22	13.90	14.00	14.10	13.80
		14:25 - 14: 46	17.10	17.30	17.20	17.00
13	28/08/2019	09.20 - 9.45	13.30	13.80	13.80	13.00
		14:15 - 14:30	14.00	13.80	14.20	13.90
14	4/09/2019	09.32 - 10.01	15.40	15.00	15.60	15.60
		14:20 - 14:50	17.70	17.50	17.60	17.80
15	11/09/2019	10.09 - 10.20	14.00	13.90	14.00	13.70
		14:25 - 14: 46	15.70	15.80	15.80	15.40
16	18/09/2019	09.40 - 10.04	14.70	14.60	14.60	14.50
		14:30 - 14:50	19.40	20.00	19.50	19.10
17	25/09/2019	09.20 - 9.45	15.00	15.00	15.30	15.20
		14:15 - 14:30	17.60	17.90	17.80	17.10
18	2/10/2019	10.00 - 10.24	14.10	14.30	14.00	14.50
		14:25 - 14: 46	18.90	18.80	18.90	18.50
19	9/10/2019	09:05 - 10.05	13.10	13.20	12.70	13.00
		14:30 - 14:50	15.70	16.00	16.00	15.70
20	16/10/2019	09:21 - 9.45	12.50	12.50	12.00	12.00
		14:20 - 14:50	16.90	17.00	17.00	16.80
21	23/10/2019	10.00 - 10.28	14.80	14.20	14.50	14.00
		14:25 - 14: 46	17.30	17.10	17.00	17.30
22	30/10/2019	09:32 - 10.00	14.20	14.00	14.30	14.20
		14:30 - 14:50	17.90	17.30	17.50	17.10
23	6/11/2019	09.20 - 9.45	13.20	13.00	13.30	13.50
		14:25 - 14: 46	16.50	16.30	16.20	16.60
24	13/11/2019	09.40 - 10.05	15.00	14.80	15.30	15.20
		14:20 - 14:50	18.70	18.10	19.00	18.60
25	20/11/2019	10:06 - 10.20	16.00	15.80	16.10	16.20
		14:25 - 14: 46	18.00	17.80	18.20	18.00
26	27/11/2019	09:38 - 10.00	13.80	14.00	13.70	13.90
		14:15 - 14:30	16.90	17.00	16.70	17.00
PROMEDIO:			15.65	15.67	15.70	15.63

Anexo 4. Informes de resultados de análisis emitidos por el Laboratorio Regional del Agua

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		INACAL DA - Perú Laboratorio de Acreditado	
LABORATORIO REGIONAL AGUA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084		Registro N° LE - 084	
INFORME DE ENSAYO N°			IE 0419245		
DATOS DEL CLIENTE/USUARIO					
Razon Social/Usuario	PAOLA MADELEI TANTA BAZAN - ELVIS RUBEN AGUILAR MONTOYA				
Dirección	Jr San Juan Caserio el Milagro - Celendin				
Persona de contacto		Correo electrónico	paolatantab@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha del Muestreo	11.04.19	Hora de Muestreo	06:58		
Tipo de Muestreo	Puntual				
Número de Muestras	01 Muestra	N° Frascos x muestra	03		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos y Biológicos				
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.				
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario				
Procedencia de la Muestra:	CELENDÍN - GUAYAO				
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO					
N° Contrato	SC-311	Cadena de Custodia	CC - 245 - 19		
Fecha y Hora de Recepción	11.04.19	10:25	Inicio de Ensayo	11.04.19	11:00
Reporte <i>Final de</i> Resultados	18.04.19	08:00			
					
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Ing. Qco Freddy H. López León Responsable del Laboratorio(e) CIP: 198264					
Cajamarca, 18 de Abril de 2019.					
1 de 3					
<small>"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO" JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONDO 599000 anexo 1140</small>					



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0419245

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PMO	-	-	-	-	-
Código Laboratorio			0419245-01	-	-	-	-	-
Matriz			NATURAL	-	-	-	-	-
Descripción			Superficial	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			GUAYAO - CELENDÍN	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	0.020	-	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.520	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	0.015	-	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	0.154	-	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.294	-	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	68.54	-	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.132	-	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.021	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	0.260	-	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	0.244	-	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	4.342	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	361.8	-	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	0.138	-	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	16.84	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	7.181	-	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	219.0	-	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	0.032	-	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	8.935	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	2.392	-	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	9.363	-	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	-	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	8.271	-	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.208	-	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.034	-	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	0.032	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	6.698	-	-	-	-	-

Cajamarca, 18 de Abril de 2019.

2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0419245

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			PMO	-	-	-	-	-
Código Laboratorio			0419245-01	-	-	-	-	-
Matriz			NATURAL	-	-	-	-	-
Descripción			Superficial	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			GUAYAO - CELENDÍN	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	<LCM	-	-	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	308.1	-	-	-	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	-	-	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	-	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	6.220	-	-	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	38.645	-	-	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	10.83	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	54 x 10 ⁴	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.

✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"



Código del Formato: RT1-5-10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 18 de Abril de 2019.

3 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

INFORME DE ENSAYO N° IE 0619371

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO


Razon Social/Usuario **PAOLA MADELEI TANTA BAZAN - ELVIS RUBEN AGUILAR MONTOYA**
Dirección **Jr San Juan Caserío el Milagro - Celendin**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **paolatantab@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **03.06.19** Hora de Muestreo **07:00 a 07:20**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario**
Procedencia de la Muestra: **BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS GUAYAO - CELENDIN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 470** Cadena de Custodia **CC - 371 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **03.06.19 11:50** Inicio de Ensayo **03.06.19 12:20**
Reporte *Final de* Resultados **10.06.19 08:00**


Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

Cajamarca, 10 de Junio de 2019.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0619371

ENSAYOS			QUÍMICOS				
Código Cliente	PM1	PM2	PM3	Testigo	-	-	
Código Laboratorio	0619371-01	0619371-02	0619371-03	0619371-04	-	-	
Matriz	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	
Localización de la Muestra	Tanque de distribución	Tratamiento con <i>Typha latifolia</i>	Tratamiento con <i>Phragmites australis</i>	Reactor testigo	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.024	0.009	0.012	0.021	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.090	0.064	0.051	0.080	
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.150	0.073	0.101	0.132	
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	1.169	0.560	0.510	0.990	
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	6.10	2.30	2.32	4.82	
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	1.834	0.801	1.148	1.524	
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	19.880	8.558	7.319	15.203	
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	5.610	3.128	2.951	4.49	
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.070	38.6	21.06	17.52	29.975	
Fosfato (PO ₄ ⁼)	mg/L	0.032	9.530	4.590	5.120	7.84	

LEYENDA: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	68 x 10 ³	37 x 10 ³	26 x 10 ³	48 x 10 ³

Nota: Los Resultados <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev. 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
 - ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
 - ✓ Este documento no se emite sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 10 de Junio de 2019.

2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0719439

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

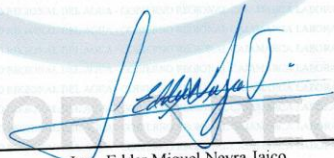
Razon Social/Usuario **PAOLA MADELEI TANTA BAZAN - ELVIS RUBEN AGUILAR MONTOYA**
Dirección **Jr San Juan Caserio el Milagro - Celendin**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **paolatantab@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **01.07.19** Hora de Muestreo **06:35 a 06:50**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario**
Procedencia de la Muestra: **BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS GUAYAO - CELENDIN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 618** Cadena de Custodia **CC - 439 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **01.07.19 15:00** Inicio de Ensayo **01.07.19 15:30**
Reporte **Final** de Resultados **10.07.19 09:00**


Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028



Cajamarca, 10 de Julio de 2019.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**



INFORME DE ENSAYO N° IE 0719439

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PM1	PM2	PM3	Testigo	-	-
Código Laboratorio			0619371-01	0619371-02	0619371-03	0619371-04	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			Tanque de distribución	Tratamiento con <i>Typha latifolia</i>	Tratamiento con <i>Phragmites australis</i>	Reactor testigo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.027	0.008	0.014	0.024	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.130	0.087	0.072	0.11	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.230	0.131	0.160	0.211	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.930	0.43	0.39	0.71	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	7.58	3.08	2.59	6.20	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	1.261	0.195	0.190	1.050	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	22.64	8.892	6.138	20.10	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	5.53	3.070	2.67	4.35	-	-
Sulfato (SO ₄ ⁻)	mg/L	0.070	41.66	17.92	16.53	33.59	-	-
Fosfato (PO ₄ ⁻)	mg/L	0.032	12.18	5.660	5.430	8.90	-	-

Legenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	60 x 10 ³	28 x 10 ³	13 x 10 ³	52 x 10 ³	-	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4 4, 1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO2, N-NO3, P-PO4, N-NO2+N-NO3)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
 - ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5-10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 10 de Julio de 2019.

2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0819633

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO


Razon Social/Usuario **Paola Madelei Tanta Bazan - Elvis Ruben Aguilar Montoya**
 Dirección **Jr San Juan Caserio el Milagro - Celendin**
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **paolatantab@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **01.08.19** Hora de Muestreo **06:48 a 06:58**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **03 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
 Ensayos solicitados **Químicos y Microbiológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
 Procedencia de la Muestra: **BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS GUAYAO - CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 704** Cadena de Custodia **CC - 633 -19**
 Fecha y Hora de Recepción **01.08.19 11:40** Inicio de Ensayo **01.08.19 12:10**
 Reporte Resultado **09.08.19 08:45**


 Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
 Responsable de Oficina
 CIP: 147028



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 09 de Agosto de 2019.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**



INFORME DE ENSAYO N° IE 0819633

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PM1	PM2	PM3	Testigo	-	-
Código Laboratorio			0819633-01	0819633-02	0819633-03	0819633-04	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			Tanque de distribución	Tratamiento con <i>Typha latifolia</i>	Tratamiento con <i>Phragmites australis</i>	Reactor testigo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.041	0.014	0.021	0.032	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.110	0.068	0.060	0.101	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.247	0.132	0.123	0.219	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	1.068	0.521	0.630	0.870	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	5.94	2.72	1.50	4.90	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	1.521	1.154	1.220	1.085	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	19.30	4.13	3.73	15.38	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	5.78	2.66	2.49	4.09	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	47.35	29.53	28.06	35.94	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	14.14	9.05	8.61	12.13	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	64 x 10 ³	21 x 10 ³	58 x 10 ²	47 x 10 ³	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrito, Fosfato, N-NO2, N-NO3, P-PO4, N-NO2+N-NO3)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (**) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Cajamarca, 09 de Agosto de 2019.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Página: 2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0919711

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO


Razon Social/Usuario: **Paola Madelei Tanta Bazan - Elvis Ruben Aguilar Montoya**
 Dirección: **Jr San Juan Caserio el Milagro - Celendin**
 Correo electrónico: **paolatantab@gmail.com**
 Persona de contacto: -

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo: **02.09.19** Hora de Muestreo: **07:15 a 07:23**
 Tipo de Muestreo: **Puntual**
 Número de Muestras: **04 Muestras** N° Frascos x muestra: **03**
 Ensayos solicitados: **Químicos y Microbiológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
 Procedencia de la Muestra: **BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS GUAYAO - CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 889** Cadena de Custodia: **CC - 711 -19**
 Fecha y Hora de Recepción: **02.09.19 11:24** Inicio de Ensayo: **02.09.19 12:00**
 Reporte Resultado: **11.09.19 09:00**


 Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
 Responsable de Oficina
 CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 11 de Septiembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0919711

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PM1	PM2	PM3	Testigo	-	-
Código Laboratorio			0919711-01	0919711-02	0919711-03	0919711-04	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			Tanque de distribución	Tratamiento con <i>Typha latifolia</i>	Tratamiento con <i>Phragmites australis</i>	Reactor testigo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.028	0.007	0.010	0.023	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.120	0.075	0.053	0.109	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.245	0.129	0.146	0.218	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	1.220	0.30	0.360	0.940	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	9.10	3.48	3.92	8.10	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	1.932	0.985	1.024	1.571	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	27.70	13.78	6.26	20.44	-	-
Nitrato (NO ₃)	mg/L	0.064	7.66	3.70	3.06	6.02	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	69.49	48.46	29.71	55.12	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	15.62	8.93	7.89	13.04	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	72 x 10 ³	29 x 10 ³	8 x 10 ³	59 x 10 ³	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"



Cajamarca, 11 de Septiembre de 2019.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Página: 2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0919754

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO


Razon Social/Usuario **Paola Madelei Tanta Bazan - Elvis Ruben Aguilar Montoya**
Dirección **Jr San Juan Caserio el Milagro - Celendin**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **paolatantab@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **17.09.19** Hora de Muestreo **07:20 a 07:28**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
Ensayos solicitados **Químicos y Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el Usuario**
Procedencia de la Muestra: **BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS GUAYAO - CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 889** Cadena de Custodia **CC - 754 -19**
Fecha y Hora de Recepción **17.09.19 12:01** Inicio de Ensayo **17.09.19 12:30**
Reporte Resultado **26.09.19 10:00**


Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 27 de Septiembre de 2019.

Página: 1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**



INFORME DE ENSAYO N° IE 0919754

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PM1	PM2	PM3	Testigo	-	-
Código Laboratorio			0919754-01	0919754-02	0919754-03	0919754-04	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			Tanque de distribución	Tratamiento con <i>Typha latifolia</i>	Tratamiento con <i>Phragmites australis</i>	Reactor testigo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.035	0.008	0.012	0.028	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.102	0.061	0.041	0.090	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.236	0.121	0.131	0.208	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.96	0.56	0.29	0.65	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	8.42	2.79	2.85	6.272	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	1.519	1.136	1.251	1.443	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	17.0	5.45	3.66	14.4	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	7.90	3.31	2.74	5.46	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	64.04	39.18	23.12	46.8	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	14.27	7.50	8.44	12.33	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	1 x 10 ⁵	39 x 10 ³	17 x 10 ³	78 x 10 ³	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Tl, Sn, Ti, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 27 de Septiembre de 2019.

Página: 2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

INFORME DE ENSAYO N° IE 1019806

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO


Razon Social/Usuario **PAOLA MADELEI TANTA BAZAN - ELVIS RUBEN AGUILAR MONTOYA**
Dirección **Jr San Juan Caserio el Milagro - Celendin**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **paolantab@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **15.10.19** Hora de Muestreo **06:27 a 06:37**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario**
Procedencia de la Muestra: **BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS GUAYAO - CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1065** Cadena de Custodia **CC - 806 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **15.10.19 10:40** Inicio de Ensayo **15.10.19 11:10**
Reporte *Final* de Resultados **24.10.19 16:00**


Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

Cajamarca, 24 de Octubre de 2019.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019806

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PM1	PM2	PM3	Testigo	-	-
Código Laboratorio			1019806-01	1019806-02	1019806-03	1019806-04	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			Tanque de distribución	Tratamiento con <i>Typha latifolia</i>	Tratamiento con <i>Phragmites australis</i>	Reactor testigo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.030	0.011	0.011	0.020	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.150	0.085	0.056	0.127	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	0.208	0.112	0.098	0.187	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	1.128	0.280	0.320	0.87	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	4.70	1.60	1.05	4.10	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	1.293	0.995	0.870	1.064	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	31.69	7.927	5.792	21.33	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	8.500	4.02	2.36	6.910	-	-
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.070	54.73	25.265	19.105	45.44	-	-
Fosfato (PO ₄ ⁼)	mg/L	0.032	7.270	3.690	5.725	6.540	-	-

Legenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	95 x 10 ³	31 x 10 ³	12 x 10 ³	69 x 10 ³	-	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
 - ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 24 de Octubre de 2019.

2 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

INFORME DE ENSAYO N° IE 1019877

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO


Razon Social/Usuario **PAOLA MADELEI TANTA BAZAN - ELVIS RUBEN AGUILAR MONTOYA**
Dirección **Jr San Juan Caserio el Milagro - Celendin**
Persona de contacto **-** Correo electrónico **paolatantab@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **18.11.19** Hora de Muestreo **07:15 a 07:25**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **03**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal Usuario**
Procedencia de la Muestra: **BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS GUAYAO - CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 1065** Cadena de Custodia **CC - 877 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **18.11.19 11:53** Inicio de Ensayo **18.11.19 12:20**
Reporte *Final* de Resultados **28.11.19 16:00**


Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

Cajamarca, 28 de Noviembre de 2019.

1 de 2



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1019877

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			PM1	PM2	PM3	Testigo	-	-
Código Laboratorio			1019877-01	1019877-02	1019877-03	1019877-04	-	-
Matriz			RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			Tanque de distribución	Tratamiento con <i>Typha latifolia</i>	Tratamiento con <i>Phragmites australis</i>	Reactor testigo	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Arsénico (As)	mg/L	0.005	0.035	0.012	0.014	0.030	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.104	0.058	0.037	0.092	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	0.207	0.076	0.111	0.200	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	1.223	0.440	0.390	1.020	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	7.19	2.29	1.900	6.38	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	2.111	0.781	0.856	1.800	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	23.14	5.610	4.988	19.06	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	8.47	4.36	1.77	7.15	-	-
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	0.070	61.6	36.27	21.6	48.2	-	-
Fosfato (PO ₄ ⁻³)	mg/L	0.032	9.035	3.730	6.195	7.23	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	90 x 10 ³	35 x 10 ³	7 x 10 ³	61 x 10 ³	-	-

Nota: Los Resultados <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4.1994, (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWWAPFA-AWWA-WEF Part 5221 A, B, C. 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
 - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 - ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
 - ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
 - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5-10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019

Cajamarca, 28 de Noviembre de 2019.

2 de 2

Anexo 5. Registro fotográfico

Figura 20

Instalación del sistema de tratamiento



Figura 21

Adaptación de las especies de estudio



Figura 22

visita al sistema con los asesores y recojo de muestra para caracterización de lixiviados



Figura 23

Toma de muestras, colocación de preservantes, rotulado y envío al laboratorio

