



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA  
PROVINCIA DE CHOTA APLICANDO HUMEDALES  
ARTIFICIALES CON *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis*”  
EN EL AÑO 2020.

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autor:

Luz Yanina Santa Cruz Sanchez  
Sandra Isabel Tantaleán Revilla

Asesor:

M.Sc. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2020

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado primeramente a Dios por la vida y salud que nos brinda diariamente la sabiduría y las fuerzas para continuar, además al Programa Nacional de Beca y Crédito Educativo - Beca 18 por darnos la oportunidad de cumplir nuestras metas, a nuestra familia por el apoyo moral, por su amor y por incentivarlos siempre a cumplir con nuestros objetivos, a los profesores por sus enseñanzas que nos brindaron a diario y a la Universidad Privada del Norte por habernos abierto sus puertas, y a mis buenos amigos(os) que siempre hacen su apoyo notable.

## AGRADECIMIENTO

EL presente trabajo de investigación va dirigido con gratitud primeramente a DIOS por derramar su bendición en nuestras vidas, por hacer este sueño realidad, además al Programa Nacional de Beca y Crédito Educativo-Beca 18 por brindarnos la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y también a nuestros padres por el apoyo moral, su amor incondicional durante el proceso de nuestra vida universitaria.

A la Universidad Privada del Norte por abrirnos sus establecimientos y formarnos como buenos profesionales. Asimismo, a nuestro asesor el Ing. Juan Flores Cerna por su dedicación, experiencia, comprensión y paciencia con nosotras para poder culminar nuestra carrera con éxito.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>35</b>
<b>1.3. Objetivos .....</b>	<b>35</b>
1.3.1. Objetivo general .....	35
1.3.2. Objetivos específicos .....	35
<b>1.4. Hipótesis.....</b>	<b>36</b>
1.4.1. Hipótesis general .....	36
1.4.2. Hipótesis específicas .....	36
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Tipo de investigación.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2. Población y muestra .....</b>	<b>38</b>
2.2.1. Población .....	38
2.2.2. Muestra.....	38
<b>2.3. Materiales, instrumentos y métodos .....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1. Discusión .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2. Conclusiones.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición típica de un agua residual domestica .....	18
Tabla 2: Límites Permisibles para los efluentes de PTAR.....	34
Tabla 3 Cronograma de monitoreo .....	43
Tabla 4 Datos requeridos para el diseño de los humedales artificiales.....	47
Tabla 5. Resultados iniciales y finales de los parámetros fisicoquímicos de los humedales artificiales. ....	54
Tabla 6. Resultados de la concentración inicial y final de DBO <sub>5</sub> y DQO .....	55
Tabla 7. Concentración inicial y final de pH y temperatura .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Canna Edulis</i> (Achira).....	27
Figura 2. <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua).....	27
Figura 3. Vista frontal del diseño de los humedales artificiales .....	39
Figura 4. Vista en planta del diseño de los humedales artificiales .....	40
Figura 5. Concentración de Aceites y Grasas(mg/L).....	56
Figura 6. Concentración de sólidos totales en suspensión (mg/ L) .....	57
Figura 7. Concentración de coliformes termotolerantes .....	59
Figura 8. Concentración de demanda bioquímica de oxígeno .....	61
Figura 9. Concentración de la demanda química de oxígeno.....	62
Figura 10. pH de los humedales artificiales .....	64
Figura 11. Temperatura en los humedales artificiales .....	66
Figura 12. Porcentaje de remoción orgánica de los humedales artificiales .....	68

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1</i> : Área de la superficie .....	29
<i>Ecuación 2</i> : Proporción de la constante de la temperatura de las aguas residuales .....	29
<i>Ecuación 3</i> : Tiempo de retención .....	30
<i>Ecuación 4</i> : Porcentaje de remoción de materia orgánica.....	30
<i>Ecuación 5</i> : Sólidos totales en suspensión .....	44
<i>Ecuación 6</i> : Demanda química de oxígeno.....	45
<i>Ecuación 7</i> : Aceites y grasas .....	46
<i>Ecuación 8</i> : Velocidad .....	48
<i>Ecuación 9</i> : Área .....	48
<i>Ecuación 10</i> : Caudal .....	48
<i>Ecuación 11</i> : Tiempo de retención hidráulica.....	50

## RESUMEN

Este estudio se realizó en la provincia de Chota, se basa en la construcción de tres humedales artificiales con *Eicchornia Crassipes* y *Canna Edulis*; el objetivo general fue el tratamiento de las aguas residuales de Chota y por objetivos específicos; determinar las concentraciones de parámetros físico-químicos y microbiológicos en el afluente y efluente del sistema, tiempo de retención, porcentaje de remoción y comparación de los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales establecidos en el Decreto Supremo N° 0032010-MINAM. Usamos la guía U.S. EPA-Enviromental Protection Agency (1993), para la construcción y diseño del sistema, los resultados obtenidos se evaluaron en los Laboratorios NKAP y UNC-Cajamarca, se usó el Excel para gráficos de barras y ArchiCAD para el diseño. Determinamos el porcentaje de remoción en los humedales artificiales 1, 2 y 3, para Aceites y Grasas es 99.78%, 99.78%, 95.53%; Coliformes Termo tolerantes, 99.36%, 99.55%, 99.36%; Demanda Bioquímica de Oxígeno 61.57%, 79.94%, - 49.69%; Demanda Química de Oxígeno, 97.28%, 96.38%, 85.05%; Sólidos Totales en Suspensión 97.81%, 99.43% y 75.55%, respectivamente. Concluimos que el humedal 1 con *Canna Edulis* es el más eficiente ya que tiene una mayor capacidad de remoción y porcentaje de adsorción, descomposición y estimulación de microorganismos.

**Palabras claves:** Agua residual doméstica, humedales artificiales, *Canna Edulis*, *Eicchornia Crassipes*.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Hoy en día el medio ambiente se ve afectado por una gran carga de contaminantes, que proviene de todos los procesos que lleva a cabo el ser humano para facilitar su desarrollo y manutención. Gran mayoría de las industrias vierten sus residuos a las redes de alcantarillado municipales que luego van a dar a los lagos y cursos de agua, ocasionando aumento en su degradación. Este problema se ha tratado de solucionar implementando una serie de normativas y reglamentos que regulen la descarga de estos efluentes, para así minimizar parte los daños que causan. (Rodríguez, 2005).

Según Lizana (2018) Las aguas residuales presentan características físicas como: temperatura, color, olor y sólidos totales. Químicas: materia orgánica e inorgánica, gases: Oxígeno disuelto, sulfuro de hidrogeno y metano. Biológicas: bacterias y algas. Demanda bioquímica de oxígeno y Demanda química de oxígeno.

Llevar estas aguas a niveles tolerables y no contaminantes que cumplan con las normativas establecidas, es un proceso muy costoso tanto por los equipos empleados, como por el grado de tratamiento que requieren. En la actualidad existe maneras de minimizar estos costos, usando métodos menos costosos, prácticos y más ecológicos como la fitorremediación; la cual consiste en el uso de plantas terrestres o plantas acuáticas para el tratamiento de las aguas residuales (Rodríguez, 2005).

El tratamiento de las aguas residuales es uno de los problemas ambientales que en la actualidad ocasiona mucho daño al medio ambiente, porque la mayoría de esas aguas que es descargada a los ríos, lagos, mares por ello surge el interés de investigar la eficiencia de remoción de estos tratamientos de dichas aguas y los beneficios que ha

traído al medio ambiente tanto en lo social, natural y económico, es una manera sustentable para minimizar los problemas en el medio ambiente y sus impactos negativos (Rodríguez, 2017).

En la actualidad la provincia de Chota tiene una alta densidad poblacional de habitantes, dicha ciudad genera 38228 L/día de aguas residuales domésticas y no cuentan con una planta de tratamiento que esté funcionando para tratar estas aguas residuales que son desembocadas al río que se encuentra en la parte baja de la ciudad; de tal forma viéndose afectada por los olores desagradables, el incremento de animales roedores que proliferan más la contaminación; además afecta los cultivos y a los animales de estas zonas; ya que los pobladores hacen uso de dichas aguas para riego de sus cultivos y para consumo de sus animales; es por tal problema que surge nuestro interés en proponer una alternativa de tratamiento natural como son los humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis*, los cuales tienen una capacidad de 25 L/día que traten estas aguas y que el efluente cumpla con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales que establece el D.S N° 0032010-MINAM, de tal manera poder disminuir la contaminación orgánica de las aguas; proponiendo esta alternativa de bajo costo y que es de solución para disminuir los contaminantes

### **Antecedentes**

Duchicela & Toledo (2014) en su estudio “Determinación de eficiencia de especies vegetales: Totorá – achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Punín 2013” con el objetivo de determinar la eficiencia de las especies vegetales, Totorá y Achira implementadas en biofiltros para obtener agua de riego a partir de aguas grises

generadas en las comunidades Chulcunag Centro y Chulcunag Alto pertenecientes a Punín durante el año 2013 realizaron un muestreo semanal durante un mes para la caracterización física, química y microbiológica en laboratorio. Los resultados fisicoquímicos para la semana 4 fueron los siguientes: Temperatura (16.8 °C), pH (6.45), DBO<sub>5</sub> (201 mg/L), los resultados microbiológicos para coliformes fecales indicaron que el punto de entrada fue de  $1.25 \times 10^{12}$  NMP/100 mL y de salida  $2.0 \times 10^7$  NMP/100 mL, dichos resultados indicaron que la achira presentó un porcentaje de remoción de 32.4% y totora un 23.9% en eliminación de materia orgánica representada como demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Concluyendo, de esta manera que la mayor eficiencia es achira para la remoción de DBO<sub>5</sub> es por características de su raíz en forma de bulbo proporcionando mayor superficie de adhesión para microorganismos.

Solís., et al (2015), presentaron el estudio que se basó en la implementación de humedales artificiales de flujo libre operados con *Thypha Domingensis* (espadaño) y *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua) y humedales de flujo subsuperficial empleando *Paspalum Paniculatum* (camalote) y *Cyperus Articulatus L* (chintul) para remover contaminantes del agua residual, se trabajó con un tiempo de retención de 5.5 y 7.5 días. De acuerdo a los resultados el humedal que presentó la mayor eficiencia de remoción en los contaminantes fue el de flujo libre utilizando *T. Domingensis* para los parámetros de turbiedad, color, DQO, DBO<sub>5</sub>, NT, PT y SST con un 97.1, 83.4, 97.8, 97.5, 97.2, 91.1 y 97.7 % respectivamente, seguido por el humedal de flujo subsuperficial empleando *Paspalum Paniculatum* con remociones de 94.8, 71.5, 94.7, 94.8, 92.7, 52.2 y 93.0% respectivamente. Los humedales de flujo libre empleando

*Eichhornia Crassipes* y de flujo subsuperficial que utilizó *Cyperus Articulatus L.* presentaron las menores eficiencias de remoción de contaminantes. Se concluye que los humedales artificiales de flujo libre y flujo subsuperficial, aquí evaluados con diferentes tipos de vegetación, son tecnologías viables para la depuración de aguas residuales considerando las normas ambientales aplicables en México.

Vizcaino & Fuentes (2016) en su investigación “Efectos de *Eisenia Foetida* y *Eichhornia Crassipes* en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos” con el objetivo de conocer la capacidad depuradora de un sistema biológico potencialmente aplicable como alternativa para la reducción de la carga contaminante de efluentes residuales domésticos del municipio de San Juan del Cesar se desarrolló aplicando dos tratamientos individuales T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, empleando un biofiltro dinámico aerobio de flujo vertical, para las pruebas con *E. Foetida* y un sistema de flujo horizontal con plantas flotantes, para los ensayos con *E. Crassipes*. Un tercer tratamiento T3 consistió en analizar la capacidad combinada de las dos especies, convirtiendo las unidades en un sistema en serie biofiltro flujo vertical (lombrifiltro) - biofiltro flujo horizontal (sistema con plantas flotantes). En total, se analizaron 30 muestras, 10 para cada tratamiento lo cual se empleó un tiempo de retención hidráulica de 24 horas y un caudal de 0.125 L/min. Los resultados de concentración inicial para DBO<sub>5</sub> = 135 mg/L, DQO = 228 mg/L, SST= 384 mL/L, coliformes termotolerantes = 5.39 x 10<sup>7</sup>, siendo sus porcentajes de remoción en el humedal 1 con *E. foetida* para DBO<sub>5</sub> = 70.3 mg/L, DQO = 69.2 mg/L, SST= 97.5 mg/L, coliformes termotolerantes = 89.5 NMP/100 mL, para el humedal 2 *E. Crassipes* DBO<sub>5</sub>= 83.7, DQO = 63.9 mg/L, SST= 100 mL/L, coliformes termo

tolerantes = 94.5 NMP/100 mL, humedal 3 *E. Foetida* + *Eichhornia Crassipes* para DBO<sub>5</sub> = 91 mg/L, DQO= 64 mg/L, SST = 100 mL /L, coliformes termotolerantes 99 NMP/100 mL. Se concluye que *E. Foetida* y la *E. Crassipes* son especies con gran capacidad para la reducción de la carga orgánica presente en efluentes residuales domésticos.

Hernández (2017) en su investigación titulada “tratamiento de aguas residuales empleando las especies achira (*Canna Indica*) y carrizo (*Pragmites Australis*) a través de humedales artificiales, Chalamarca 2017”, tuvo como objetivo evaluar el uso de humedales artificiales con las especies achira (*Canna Indica*) y carrizo (*Pragmites Australis*) en tratamiento de aguas residuales, provenientes de la zona urbana del distrito de Chalamarca, para lo que analizó concentraciones de DBO, DQO, SST, Turbiedad, Aceites y Grasas y Coliformes Termo tolerantes, tomando como muestras analíticas al ingreso y salida del sistema durante tres fases de muestreo. Los resultados permitieron estimar el porcentaje de remoción alcanzando una ligera ventaja el H2 con Carrizo (*Pragmites Australis*) teniendo como eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, Aceites y Grasas y Coliformes Termo tolerantes 87.21%, 92.64%, 88.31%, 72.87%, 99.93%, respectivamente seguido por el humedal empleando con la especie Achira (*Canna Indica*) con remociones 85.09%, 91.92%, 89.23%, 69.16%, 99.93% respectivamente. Cabe recalcar que los resultados de los parámetros tratados con Achira como Coliformes Termotolerantes para el tercer reporte (1300 NMP/100 mL), pH (6.57), DBO<sub>5</sub>(4.72 mg/L), DQO (24.2 mg/L), SST (49 mL/L), Aceites y Grasas (7.25 mg/L) los cuales cumplieron con los LMP, sin embargo, el promedio para Coliformes Termotolerantes sobrepasó los LMP establecidos en el Decreto supremo

N°003-2010- MINAM. Concluyendo que los humedales artificiales con estas especies vegetales son apropiadas y eficientes por tener facilidad para propagarse, establecerse a aguas contaminadas.

Vargas (2017) en su investigación “Evaluación de *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba, 2015” tuvo objetivo evaluar la eficiencia de estas plantas acuáticas para mejorar la calidad de la quebrada ya que es usada como cuerpo receptor de aguas residuales domésticas y por lo tanto se encuentra contaminada. Para el desarrollo de la investigación se optó por usar el sistema por tandas, el cual consistió en instalar dos tanques de vidrio de 72 L de agua residual doméstica cada una para su posterior tratamiento con las Macrofitas. Los resultados mostraron una variabilidad en las concentraciones de acuerdo a su tiempo de retención en 1 semana, siendo para SST (200 ml/L – 85 ml/L), temperatura (24°C- 23.8°C), coliformes termo tolerantes (4500 - 1642 mg/L), DBO<sub>5</sub> = (195 - 73mg/L), pH =(6.2- 7.23) lo cuales cumplieron con los Límites máximos permisibles. Además, el porcentaje de remoción fue de 57.50% para SST, 62.56 % para DBO, 63.51 % para Coliformes Termo tolerantes. Del estudio se concluyó que la *Eichhornia Crassipes* es más eficiente en la remoción de parámetros, ya que se encuentra muy por debajo de los valores que arrojó la *Lemna Minor*.

Pantoja., et al (2017) con el objetivo de determinar la remoción de carga contaminante brindada por humedales de tipo piloto subsuperficial horizontal (HAFSSh), en aguas provenientes de la PTAR de la Granja Experimental Botana, de la Universidad de Nariño implemento un sistema compuesto por cuatro humedales artificiales con

variación de especies vegetales: *Schoenoplectus Californicus*, *Canna Sp*, y *Zantedeschia Aethiopica L* realizó un seguimiento semanal a las estaciones durante los dos meses. Los resultados obtenidos de porcentaje de remoción para Totora en el parámetro SST 83.93, para Achira fue de 81.25, para Cartucho fue de 66.25 y Testigo 71.80. Para la demanda bioquímica de oxígeno se obtuvo 81.61 con Totora, 66.54 para Achira, 68.89 para Cartucho y 69.14 para Testigo. Según el parámetro DQO, para Totora el porcentaje fue de 61.11, para Achira fue de 35.90, para Cartucho 39.97 y para Testigo 38.75. Finalmente se concluye que la totora mostró ser el más eficiente en cuanto a remoción de carga orgánica, seguido de la Achira. Además, que el parámetro con menor % de remoción fue el DQO.

Chuquibala & Sánchez (2017) en su investigación “Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes del afluente doméstico mediante la aplicación de *Eichhornia Crassipes* y *Lemma Minor* en el anexo el molino, distrito de Chachapoyas, Provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas 2016” tuvo como objetivo determinar el grado de eficiencia de remoción de contaminantes utilizando Jacinto y Lenteja de agua para el tratamiento del afluente doméstico, se construyó 3 humedales, los humedales 1 y 2 para ser tratada con la macrófita Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) y el humedal 3 (*Lemma Minor*). Los resultados mostraron que los SST que en un inicio fue de 710 ml/L y después del tratamiento con *Eichhornia Crassipes* se obtuvo 85 ml/L, mientras que para el DBO<sub>5</sub> varió de 245 mg/L a 32 mg/L, DQO 318 a 73 mg/L Coliformes 450000000 NMP/100 a 90000000NMP/100, por otro lado, el porcentaje de remoción para *Eichhornia Crassipes* obtuvo una eficiencia de remoción del 88.03 % en la eliminación de sólidos totales; asimismo la eficiencia de remoción

para depurar la DBO y DQO fue de 86.94 % y 77.04 % y con lenteja de agua se obtuvo una eficiencia de remoción de 18.30% para la eliminación de los sólidos totales así mismo la eficiencia para depurar la DBO y DQO fue del 18.00% y 12.26%. Se concluye que el Jacinto acuático obtuvo más eficiencia de remoción para el respectivo tratamiento.

Diaz & Valdivia (2018) “Efecto del tiempo de retención y variación de especies de plantas ornamentales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas – Cajamarca, 2018” la investigación estuvo enfocada en el diseño y construcción de tres sistemas de humedales de flujo horizontal subsuperficial los cuales fueron utilizados para evaluar el efecto del tiempo de retención y la variación de especies de plantas ornamentales en la remoción de materia orgánica de aguas residuales domésticas. Se consideró una muestra antes del tratamiento para su posterior comparación; en la construcción se utilizó, tres depósitos rectangulares que contenían capas de grava, arena fina y suelo orgánico; en el primer contenedor se sembró *Zantedeschia Aethiopica* (Flor de Cartucho), en el segundo *Canna Spp* (Achira) y en el tercero ambas especies, luego se procedió a tomar muestras de agua a la salida de los sistemas durante 4 días cada 24 horas, siendo las concentraciones con el tratamiento Achira a las 96 horas de SST 9.40 mg/L, de DBO<sub>5</sub> 17.50, DQO 37.50 mg/L, Temperatura 16.90 °C y pH 7.84. Además, se logró determinar que el porcentaje de remoción de materia orgánica en el humedal 1 fue de 75% de SST, 89% de DBO<sub>5</sub> y 81% DQO; en el humedal 2 de 83% de SST, 94% de DBO<sub>5</sub> y 88% DQO; y en el humedal 3 de 85% de SST, 93% de DBO<sub>5</sub> y 87% de DQO. Finalmente se concluye

que, el tiempo de retención y la variación de plantas causaron un efecto positivo para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

### **Definiciones conceptuales**

Según la UNESCO (2017) Se consideran como una combinación de uno o más de los siguientes: efluentes domésticos que consisten en aguas negras (excremento, orina y lodos fecales) y aguas grises (aguas servidas de lavado y baño); agua de establecimientos comerciales e instituciones, incluidos hospitales; efluentes industriales, aguas pluviales y otras escorrentías urbanas; y escorrentías agrícola, hortícola y acuícola. (pág. 17)

### **Clasificación de las aguas residuales**

Según la OEFA (2014) se clasifican en tres:

- ✓ **Industriales:** Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
- ✓ **Domésticas:** Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana y deben ser dispuestas adecuadamente.
- ✓ **Municipales:** Son aquellas aguas residuales domesticas que pueden estar mezcladas con aguas del drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillados de tipo combinado.

## Composición de las aguas residuales

Tabla 1 *Composición típica de un agua residual domestica*

Componente	Intervalo de concentraciones		
	Alta	Media	Baja
Materia sólida mg/L	1200	720	350
Disuelto total	850	500	250
Inorgánica	525	300	145
Orgánica	275	200	105
En suspensión	350	220	100
Inorgánica	75	55	20
Orgánica	275	165	80
Sólidos decantables mg/ L	20	10	5
DBO <sub>5</sub> a 20 °C, mg/L	400	220	100
Carbono orgánico total, mg/L	290	160	80
DQO, mg/L	1000	500	250
Nitrógeno, mg/L N, total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniaco	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fosforo, mg/L P, total	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad, mg/ l CaCO <sub>3</sub>	200	100	50
Grasa, mg/l	150	100	50

Fuente: Mettcal y Eddy (1991).

### Parámetros generales indicadores de contaminación

#### ✓ Parámetros de carácter físico:

Características organolépticas: color, olor, sabor

Turbidez y materias en suspensión

Temperatura

Conductividad

✓ **De carácter químico:**

Salinidad y dureza

pH

Oxígeno disuelto

Medidores de materia que consume oxígeno: DBO<sub>5</sub>, DQO

Medidores de materia inorgánica: cationes, aniones metales

✓ **De carácter radioactivo:**

Radiación alfa y beta totales

Elementos individuales

✓ **De carácter microbiológico**

Bacterias

Virus

Algas

Hongos

Coliformes

Calvo (2017)

### **Parámetros que se evalúan en las aguas residuales**

Según Rincón y Millán (2013) se evalúan los siguientes parámetros:

- ✓ **Temperatura:** La temperatura juega un papel muy importante en la eficiencia de remoción en humedales artificiales, esto debido a que la mayoría de los procesos de remoción en el sistema son de carácter biológico. En el caso en que la temperatura

sea inferior a 10°C las reacciones responsables para la remoción de DBO y nitrógeno disminuyen su velocidad. Mientras que, si la temperatura aumenta de manera significativa, aumenta la saturación del agua, disminuyendo la solubilidad del oxígeno, acelerando las reacciones químicas y biológicas que consumen oxígeno, lo que produce olores desagradables por la producción de metano, ácido sulfhídrico y materia orgánica parcialmente oxidada

✓ **Conductividad:** Es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad, esta es transportada por iones en solución que aumentan la conductividad. Se sabe que las plantas pueden asimilar algunos iones e incorporarlos a sus tejidos. De acuerdo a resultados obtenidos en anteriores estudios se demuestra la reducción de la conductividad de manera significativa

✓ **Turbidez:**

La turbidez es la condición por la cual el agua pierde su transparencia, esta generalmente se remueve en los humedales artificiales gracias a la presencia de las plantas que favorecen los procesos físicos de sedimentación y adherencia del material en suspensión

✓ **Sólidos suspendidos:** Se ha demostrado que los humedales pueden reducir de una manera significativa los sólidos suspendidos, por mecanismos básicos como sedimentación, precipitación química, adsorción e interacciones microbianas

✓ **Potencial de hidrogeno-pH:**

El pH es muy importante debido a que es influido por factores bióticos, abióticos, y bioquímicos. En algunos casos se ha encontrado que la descomposición del material vegetal muerto confiere acidez al agua, así como la actividad microbiana lo que en

algún caso explica la 25 acides del pH, del mismo modo se ha demostrado que la producción de algas contribuye al mantenimiento de un pH ligeramente básico.

✓ **Oxígeno disuelto:**

El oxígeno disuelto en los humedales artificiales es rápidamente consumido por los microorganismos, lo que hace que el sistema sea anaerobio. En los humedales de flujo subsuperficial el oxígeno que entra al sistema, lo hace por medio de la los tallos y las hojas de la planta, aportando de esta manera el oxígeno necesario para que los microorganismos descompongan la materia orgánica presente en el agua residual.

✓ **Demanda Química de Oxígeno**

Indica el contenido de materia orgánica del cuerpo de agua; se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable mediante un agente químico oxidante, generalmente el dicromato de potasio.

Raffo y Ruiz (2014)

✓ **Demanda Biológica de Oxígeno**

Es el parámetro indicador de materia orgánica que evalúa la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica biodegradable presente.

Grombet., et al (2013)

- ✓ **Nitrógeno orgánico:** La de nitrógeno orgánico en humedales artificiales se da por efecto de las plantas, aunque estudios realizados han demostrado que solo ente un 10% y un 15% es removido por este medio. El nitrógeno orgánico que entra en un humedal generalmente se encuentra asociado a materia articulado. La remoción inicial de estos materiales como sólidos suspendidos es más o menos rápida, pero mucho de este nitrógeno sufre descomposición o mineralización y descarga entonces nitrógeno en forma amoniacal al agua.

- ✓ **Nitrógeno amoniacal:** La remoción de nitrógeno amoniacal se da por asimilación, dado que el nitrógeno es un nutriente, los microorganismos asimilan el nitrógeno amoniacal y lo incorporan a su masa celular. También se presenta el proceso de nitrificación-desnitrificación, la remoción de nitrógeno se logra en un proceso de dos pasos. En el primer paso, el amoníaco se oxida biológicamente a nitratos. En el segundo paso, el nitrato se reduce a oxígeno gaseoso, el cual se deja escapar del sistema.
- ✓ **Nitratos:** Los nitratos son generados por la nitrificación bilógica, cuando el nitrógeno amoniacal de oxida a nitritos y luego a nitratos. Los nitratos se ven afectados durante el movimiento a través del sustrato por un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que influyen en su movimiento, transformación y distribución. Entre estos están las reacciones de oxidación-reducción (nitrificación-desnitrificación), los procesos de adsorción y absorción, la volatilización de amoniaco y la mineralización de compuestos nitrogenados.
- ✓ **Nitritos:** Debido al origen sanitario de las aguas residuales, el nitrógeno se presenta mayormente como nitrógeno amoniacal, y de compuestos orgánicos nitrogenados. Lo que favorece los procesos de nitrificación, dando como resultado la formación de nitratos y nitritos por la 28 actividad de bacterias nitrificantes. Los resultados sugieren, además, que existen zonas anaerobias al interior del humedal, que conducen a la formación de nitritos.
- ✓ **Fosforo total:** De acuerdo a estudios realizados se ha encontrado que la remoción de fosforo en los humedales artificiales no es muy alta, debido a que no hay mucho contacto entre el agua y es suelo, por lo que se ha optado en algunos casos en cambiar la grava por arena o tierra, lo que disminuye la velocidad de flujo y aumenta el tiempo

de retención. En algunos casos la eliminación de este se hace en forma de fosfato, debido a que los microorganismos y las plantas lo usan como nutriente, aunque no en gran cantidad.

### **Sistemas de tratamiento de aguas residuales**

Según Orjuela & Lizarazo (2013) Existen dos tipos de sistemas para el tratamiento de las aguas residuales:

#### **Por el tipo de proceso:**

- ✓ **físicos:** Es la remoción de material en suspensión, por ejemplo: Rejillas, trituradores, sedimentador y filtración.
- ✓ **químicos:** Consiste en la aplicación de productos químicos para la eliminación o conversión de los contaminantes en el cual está la precipitación, adsorción y desinfección.
- ✓ **biológicos:** Este proceso se lleva a cabo gracias a la actividad biológica de los microorganismos. Se produce la eliminación de sustancias orgánicas biodegradables presentes, eliminación de fosforo y nitrógeno.

#### **Unidades de tratamiento de las aguas residuales**

- ✓ **preliminares o pretratamiento:** (Rejas, desarenador)  
Es el conjunto de unidades que tiene como finalidad de eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema de conducción de la planta.
- ✓ **primarios:** (Tanque séptico) (Tanque Imhoff)  
La finalidad es de remover sólidos suspendidos removibles por medio de sedimentación, filtración, flotación y precipitación.

- ✓ **secundario:** (Reactor UASB, lagunas de estabilización, lodo activado convencional, filtro percolador, humedales, filtro anaerobio, zanja de oxidación, biodisco)

La finalidad es de remover material orgánico y en suspensión. Se utiliza procesos biológicos, aprovechando la acción de microorganismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aerobios (en presencia de oxígeno) y los anaerobios (en ausencia de oxígeno)

- ✓ **terciario:**

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química biológica alto para cuerpos de agua receptores sensitivos o ciertos tipos de reusó. Normalmente se trata de remover nutrientes (nitrógeno y fosforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas

- ✓ **Desinfección:** Tratamiento adicional para remover patógenos

- ✓ **Tratamiento de lodos:** Tratamiento de porción sólida (actualmente, más de 80 % agua) removido del agua contaminada. La finalidad del proceso es de secarlo y tratarlo como una combinación de tiempo y temperatura para matar patógenos.

Alaya y Gonzales (2008)

### **Humedales artificiales**

Según Soto., et al (2016) Son zonas construidas por el hombre en la que se reproducen, de manera controlada, los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes que ocurren normalmente en los humedales naturales. El estudio de estos

procesos y su correcta monitorización y modelación mediante ecuaciones matemáticas, permite la utilización de los humedales artificiales, para depurar las aguas residuales en núcleos de población aislados donde los métodos de depuración convencionales no son una alternativa económica viable.

### **Clasificación de los humedales artificiales:**

Según Soto., et al (2016), existen tipos de humedales artificiales en función del sentido de circulación del flujo de agua:

- ✓ **De flujo libre o superficial:** El agua circula por encima del sustrato a través de los tallos de las plantas de manera continua. Se favorecen las condiciones aerobias al estar el agua directamente expuesta a la atmosfera. Este tipo de humedales son una modificación al sistema de lagunas convencionales. Se emplean para tratar efluentes procedentes de tratamientos secundarios y para crear o restaurar ecosistemas acuáticos.
- ✓ **Subsuperficial:** El agua circula a través del sustrato, con una profundidad de agua cercana a los 0,6 m. La vegetación emergente se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y las raíces de las plantas. En la mayoría de los casos se usan para el tratamiento de aguas residuales generadas en núcleos de población de menos de 2000 habitantes. En función del sentido del flujo de agua, pueden ser horizontales o verticales.
  - ✓ **Vertical:** El agua circula verticalmente a través del sustrato de manera intermitente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en el lecho son seguidas de periodos de semisaturación, estimulando el suministro de oxígeno. Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte

(gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal.

La vegetación emergente se planta también en dicho medio granular.

- ✓ **Horizontal:** el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua. El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrofitas acuáticas. Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo. El agua es aplicada permanentemente en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. El agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso (flujo pistón).

### **Componentes de un humedal artificial**

Según Carbajal., et al (2018) los humedales artificiales están constituidos por los siguientes componentes:

- ✓ **Agua a tratar:** Es el principal elemento del humedal depende del agua residual los resultados obtenidos para el tratamiento ya que, en el caso de humedales artificiales, define todo el funcionamiento del sistema, ya que la falta o exceso de agua residual para el humedal interfiere en todos los componentes.
- ✓ **Sustrato:** Sirve como soporte para la vegetación y logra la fijación de la biopelícula bacteriana, la cual tiene como función la eliminación de contaminantes presentes en las aguas a tratar.
- ✓ **Plantas emergentes acuáticas:**

- ✓ ***Eichhornia Crassipes* o Jacinto de Agua:** Planta acuática pertenecientes a la familia ponteridacea, oriundas del continente americano, viven en las aguas tranquilas de ciénagas, presas, micropresas, lagunas zanjas, arroyos y ríos.

(EcuRed, 2012)



Figura 1. *eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua)

- ✓ ***Canna Edulis* o Achira:** Es una especie de planta perenne perteneciente a la familia de las cannáceas específicamente al género *Canna*. Alcanza de 1.5 a 3m de altura y es originaria de Sudamérica.

(EcuRed, 2013).



Figura 2. *canna edulis* (achira)

### **Ventajas de los humedales artificiales**

- ✓ El sistema es muy estable en la operación y eficiente para la remoción de materia orgánica y nutrientes, condiciones que permiten disponer el efluente en ambientes naturales.
- ✓ Además, pueden operar sin ningún consumo energético, al carecer de equipos electromagnéticos.
- ✓ La operación es sencilla y con bajo costo.
- ✓ Perfecta integración al medio rural y urbano, como parques y jardines.
- ✓ Generalmente no producen olores desagradables.

(MINAM, 2009).

### **Desventajas de los humedales artificiales**

- ✓ Puede colmatarse en poco tiempo, cuando no cuentan con sistemas de pretratamientos adecuados.
- ✓ En zonas de altitud elevada puede ocurrir que las plantas empleadas no se adapten. Por ello, habría que realizar estudios *In Situ* con especies nativas de la zona.

(MINAM, 2009).

### **Diseño del humedal artificial**

Según (United States. Environmental Protection Agency (EPA), 1993); guía para el diseño y construcción de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial, se debe seguir los siguientes pasos:

- ✓ Primero se determina el lugar de estudio.

- ✓ Se debe determinar los parámetros iniciales del agua residual a tratar, como es el caso de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda química de oxígeno, temperatura de las aguas residuales y los sólidos suspendidos totales (SST).
- ✓ Luego determinar la calidad deseada del efluente, en términos de la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos suspendidos totales.
- ✓ Se determina la profundidad del lecho, la cual no debe ser muy profunda; en conjunto se determina el tipo de sustrato a utilizar.
- ✓ Se procede a seleccionar el valor de los espacios vacíos por el sustrato, que se utilizará 0.35, si hay uso de plantas y 0.45 si no se usan plantas.
- ✓ Para los cálculos del dimensionamiento se tiene en cuenta: Cálculo del área de la superficie con la siguiente fórmula:

*Ecuación 1.* Área de la superficie

$$A_s = L \times W = \frac{Q \left[ \ln \left( \frac{C_o}{C_e} \right) \right]}{K_T d n}$$

*Ecuación 2:* Proporción de la constante de la temperatura de las aguas residuales

T °C.

En donde:

$$K_T = K_{20} (\Theta)^{T-20^\circ\text{C}}$$

A<sub>s</sub> = Área superficial del humedal en (m<sup>2</sup>)

L = Longitud (m)

W= Ancho (m)

Q = Flujo (m<sup>3</sup> /día)

Co: Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del afluente (mg/L)

Ce: Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del efluente (mg/L)

K<sub>T</sub>: Proporción de la constante de temperatura de las aguas residuales (T °C)

K<sub>20</sub>: Proporción de la constante de temperatura de las aguas residuales (T-20 °C)

d: Profundidad promedio del agua en el filtro (m)

n: Porosidad de la estructura del filtro (% como decimal)

Suposición de Largo – Ancho, de la manera que mejor se adapte el diseño.

Una vez obtenido el diseño del humedal, se calcula el tiempo de retención con la siguiente formula:

*Ecuación 3:* Tiempo de retención

$$TRH = \frac{(\text{Volumen} \times \text{espacio vacío})}{Q}$$

Luego de realizar el tratamiento en los sistemas de humedales se realiza el cálculo del porcentaje de remoción de materia orgánica.

*Ecuación 4:* Porcentaje de remoción de materia orgánica

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

En donde:

C<sub>i</sub>: Concentración inicial de DBO<sub>5</sub>

C<sub>f</sub>: Concentración final de DBO<sub>5</sub>

**Tiempo de retención hidráulica:** Se define como el tiempo que tarda una unidad de fluido al pasar dentro de un recipiente de un extremo al otro. Considerado en términos de ingeniería

como un parámetro que mide la relación expresada en horas, días entre el caudal de un líquido a tratarse (agua residual) y el volumen del depósito en el cual se va realizar el tratamiento.

(Casanova & Mejía, 2013)

### **Mantenimiento de los humedales artificiales**

Según Hoffman., et al (2011)

Requiere un mantenimiento adecuado por parte de una persona capacitada con los conocimientos básicos. Las unidades de pretratamiento requieren de mantenimientos que dependen del tipo de tecnología. Las eficiencias de las unidades de pretratamiento tienen que ser examinadas de forma regular. Cuanto mayor sea el sistema mayor será la frecuencia requerida. El caso de los sólidos sedimentables en el efluente del sistema de pretratamiento debe ser analizado mediante el uso de un cono imhoff con el fin de conocer la cantidad de sólidos que son trasladados al humedal. Los lodos de los sistemas de pretratamiento tienen que ser eliminado con regularidad.

Las tareas operativas necesarias para mantener el lecho filtrante de los humedales artificiales incluyen el control periódico de:

- ✓ Bombas
- ✓ Las estructuras de entrada para revisar obstrucciones y nivel de agua
- ✓ La relación de carga hidráulica y cargas contaminantes, es decir, concentraciones de los afluentes y efluentes de DBO<sub>5</sub> y SS, así como el caudal del afluente.
- ✓ Enfermedades en la vegetación de los humedales, insectos, etc. (quitar las malas hierbas y plantas depredadoras hasta la vegetación de los humedales está plenamente establecida).

### **Rendimientos esperados de un humedal artificial**

Los humedales artificiales pueden tratar de una manera eficiente altos niveles de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos totales en suspensión, entre otros contaminantes. Los procesos de remoción de contaminantes en los humedales se clasifican en:

- ✓ **Físicos:** Se encuentran mecanismos como la filtración y sedimentación.
- ✓ **Químicos:** Principalmente procesos de adsorción y absorción.
- ✓ **Biológicos:** Está el metabolismo microbiano y el metabolismo de las plantas.

### **Marco legal:**

#### **Ley N° 28611 Ley General del Ambiente**

Esta ley comprende la regulación de diversos instrumentos que contribuyen a una gestión ambiental sostenible, por ello muestra detalladamente aspectos de los derechos y deberes que cada persona tiene en relación con el medio ambiente. Es así que el (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2015) hace relevancia a tres de los artículos que enfocan el tema de aguas residuales, dentro de ellos el Artículo 31° que menciona al Estándar de Calidad Ambiental, y lo define como el nivel de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el ambiente en condición de cuerpo receptor; el artículo 121° del vertimiento de aguas residuales es donde aclara que el estado es el encargado de autorizar el vertimiento de cualquier tipo de aguas residuales, siempre y cuando este no afecte la calidad de agua ni su reutilización; y el artículo 122° del tratamiento de residuos líquidos, el cual establece que el sector Vivienda, Construcción y Saneamiento debe sancionar y vigilar a empresas y entidades generadoras de aguas residuales, basándose en los límites máximos permisibles.

### **Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos**

La presente ley busca la gestión integrada del recurso hídrico y sus bienes naturales y artificiales, garantizando a su vez la protección de los recursos naturales, ecosistemas y el ambiente. El artículo N° 82 de reutilización de agua residual, menciona que el agua residual tratada puede ser utilizada con los fines basados en la licencia otorgada por la Autoridad Nacional (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA, 2015).

### **Reglamento de la Ley N° 29338 de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-ag**

En su Artículo 132° aguas residuales domésticas y municipales, define que las aguas residuales domésticas son originadas por actividades comerciales y residenciales, las cuales contienen desechos fisiológicos. Mientras que las aguas residuales municipales comprenden a las aguas industriales, domésticas y pluviales (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA, 2015).

### **Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM -Decreto Supremo que Aprueba Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales:**

Es el decreto donde se manifiesta los límites máximos permisibles para efluentes, los cuales son necesarios para determinar la concentración de componentes o sustancias presentes en el agua residual, que si en caso llegue a exceder podría ocasionar daños en la salud pública o en los ecosistemas acuáticos.

Tabla 2: *Límites Permisibles para los efluentes de PTAR*

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
Ph	Unidad	6.5 a 8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Tabla 2 Muestra los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales en el Decreto Supremo N°003-2010 MINAM.

### **Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales**

Es de uso obligatorio a nivel nacional para el monitoreo de la calidad ambiental del agua de los cuerpos de agua tanto continentales (ríos, quebradas, lagos, lagunas, entre otras) como marino-costeros (bahías, playas, estuarios, manglares, entre otros) en cumplimiento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N ° 29338, su reglamento y demás normas de calidad de agua.

### **Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales del Ministerio de Vivienda, R.M. N° 273-**

#### **Vivienda**

El protocolo de monitoreo establece procedimientos y metodologías que deben cumplirse en la ejecución de programas de monitoreos. Su aplicación contribuye al cumplimiento de las normas ambientales y la protección de los ecosistemas acuáticos.

La población de los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo representa asimismo una herramienta de evaluación, fiscalización y mejora de las Plantas de Tratamientos Residuales (PTAR) existentes. A través de la aplicación de este instrumento se contribuye además a realizar una verificación el funcionamiento de la PTAR.

## 1.2. Formulación del problema

¿Se podrá tratar las aguas residuales en la provincia de Chota aplicando humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis* en el año 2020?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Tratar las aguas residuales de la provincia de Chota aplicando humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis* en el año 2020.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la concentración de aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, coliformes termotolerantes, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno en afluente y efluente de los humedales artificiales.
- ✓ Determinar el pH y la temperatura en el afluente y efluente de los humedales artificiales.

- ✓ Determinar el tiempo de retención y porcentaje de remoción en los sistemas de humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis*.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales establecidos en el Decreto supremo N°0032010- MINAM.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

Las aguas residuales de la provincia de Chota son tratadas con humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis*.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- ✓ La concentración de aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, coliformes termo tolerantes, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno en afluente superan los Límites Máximos Permisibles y en el efluente no superan los LMP establecidos en el decreto supremo N° 003-2010-MINAM.
- ✓ El pH, temperatura en afluente no excede a los Límites Máximos Permisibles y efluente superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el decreto supremo N° 003-2010 MINAM.
- ✓ El tiempo de retención en los sistemas de humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis* tiene un promedio de un día.
- ✓ Todos los resultados obtenidos de los humedales artificiales no superan los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de

Aguas Residuales Domésticas o Municipales establecidos en el Decreto  
supremo N°003-2010- MINAM.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Experimental, cuantitativa y longitudinal

### 2.2. Población y muestra

#### 2.2.1. Población

Las aguas residuales de la provincia de Chota

#### 2.2.2. Muestra

El agua residual de la provincia de Chota antes y después del tratamiento.

### 2.3. Materiales, instrumentos y métodos

#### Materiales

#### ✓ Trabajos de campo

Libreta de campo

Guantos quirúrgicos

Mascarilla

Guardapolvo

GPS

Lapicero

Calculadora

Cadena Custodia

Formato para medir parámetros de campo

#### ✓ Construcción de los humedales artificiales

2 tubos de ½ pulgada

5 llaves de paso de ½ pulgada

1 reducción de 2 pulgadas

Arena de 4 cm, 6 cm y 8cm para cada humedal respectivamente

Grava 4 cm, 6 cm y 8cm para cada humedal respectivamente

Tierra orgánica extraída de la carretera hacia la comunidad el Campamento-Chota

Especies de plantas de *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis*

### Diseño de los humedales artificiales

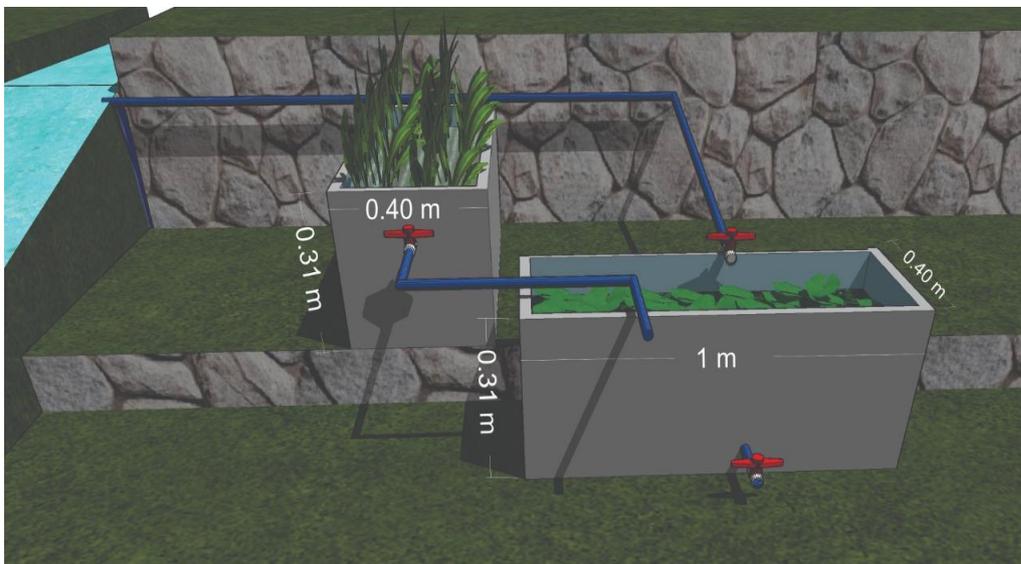


Figura 3. Vista frontal del diseño de los humedales artificiales

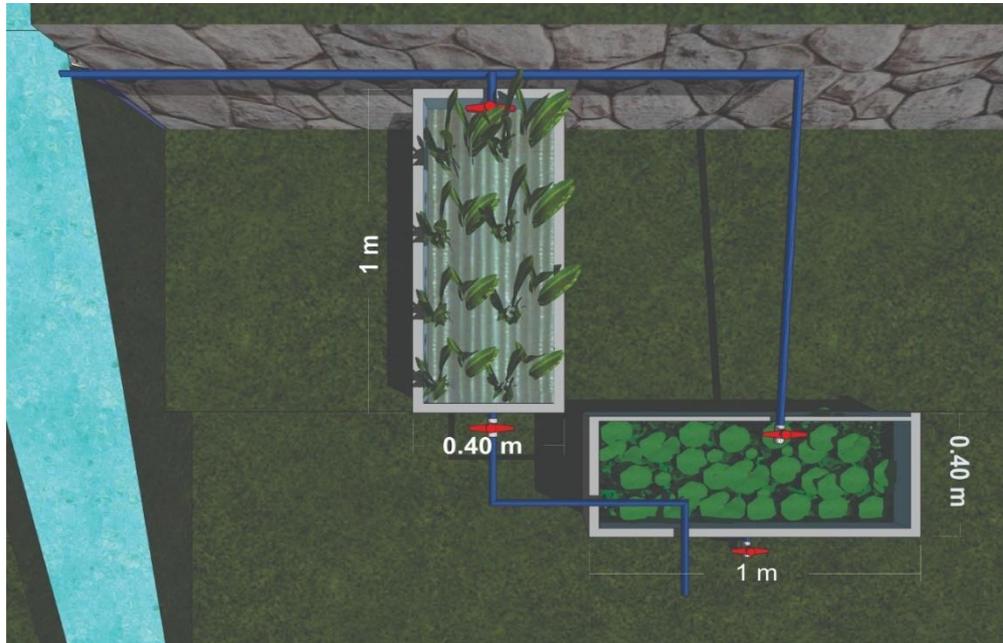


Figura 4. Vista en planta del diseño de los humedales artificiales

✓ **Materiales para el análisis de los parámetros a analizar**

**Reactivos**

Ácido sulfúrico concentrado

Disolución de ácido sulfúrico – sulfato de plata

Agua destilada 500 mL

Disolución indicadora de Ferroína

Dicromato de potasio 0,0167 M

Papel de filtro Glass microfiber filters

Disolución de Sulfato Amónico ferroso 0.10 M

Disolución nutriente HACH para DBO<sub>5</sub>

**Instrumentos**

**Para parámetros básicos de campo, se utilizó un:**

- ✓ Multiparámetro
- ✓ Frasco para coliformes termotolerantes
- ✓ Frasco para parámetros físico-químicos

**Laboratorio**, se utilizaron 11 equipos:

- ✓ Multiparámetro HACH hq40d (con sondas de oxímetro y pH – metro)
- ✓ Incubadora para DBO SIR3 Sheldon Manufacturing
- ✓ Botellas Winkler de 300 mL KIMAX
- ✓ Balanza Analítica con sensibilidad de  $\pm 0.0001$  g Sartorius
- ✓ Estufa INCUCCELL
- ✓ Bureta de 50 mL
- ✓ Matraz Erlenmeyer de 10 mL
- ✓ Equipo soxleth
- ✓ Equipo de filtración al vacío
- ✓ Piseta de 1 L
- ✓ Pipeta de 5 mL

## Métodos

La metodología consistió en trabajo de campo; para medir parámetros físicos como pH y temperatura a través de un multiparámetro y en laboratorio para medir diferentes parámetros químicos como Aceites y grasas, Solidos Totales Disueltos, DBO<sub>5</sub>, DQO que se realizaron en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca y parámetros microbiológicos como coliformes termotolerantes que se realizaron en el Laboratorio KNAP y también de gabinete para el diseño y evaluación de los humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis*. Por ello se utilizará la siguiente metodología:

**i. Frecuencia de Mediciones en los humedales:**

- ✓ Primero se identificó el área de estudio luego los puntos de monitoreo iniciales los cuales fueron en la salida que desemboca el agua residual y la entrada y salida de cada sistema de los humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y *Canna Edulis* (achira).
- ✓ Se muestreó durante 8 días consecutivos cada 24 horas, pero 4 días solo fue tomadas muestras individuales para cada humedal con Achira y con Jacinto de agua y 4 días más se recolectó muestras con tratamiento de la mezcla de ambas especies de los humedales artificiales con *Canna Edulis* y *Eichhornia Crassipes*.
- ✓ Toma de muestra del agua residual en los humedales artificiales se realizó de acuerdo a la R.M.N° 273 -Vivienda 24 de octubre del 2013 Protocolo de Monitoreo de Calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de las aguas Residuales Domesticas o Municipales -PTAR para ello antes de iniciar el muestreo se utilizó equipo de protección personal y para la toma de muestras de los parámetros de Sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, pH se utilizó frascos de plástico de un litro y para aceites y grasas se utilizó frascos de vidrio boca ancha, una vez que se recolectó las muestras para demanda química de oxígeno se preservó con ácido sulfúrico, luego se hizo el etiquetado y rotulado de las muestras y el llenado de la cadena custodia indicando los parámetros a evaluar una vez recolectadas, preservadas y rotuladas las muestras se colocó en una

caja de Tecnopor con hielo y se transportó hasta el laboratorio de la universidad nacional y NKAP –Cajamarca.

**Tabla 3 Cronograma de monitoreo**

Fecha	Hora de muestreo	Humedal 1 ( <i>Canna Edulis</i> )	Humedal 2 ( <i>Eichhornia Crassipes</i> )	Humedal 3 ( <i>Canna Edulis</i> y <i>Eichhornia Crassipes</i> )
13/01/2020	9:00 am	x	x	X
14/01/2020	9:00 am	x	x	X
15/01/2020	9:00 am	x	x	X
16/01/2020	9:00 am	x	x	X
17/01/2020	9:00 am	x	x	X
18/01/2020	9:00 am	x	x	X
19/01/2020	9:00 am	x	x	X
20/01/2020	9:00 am	x	x	X
<b>Muestras por día</b>		8	8	8
<b>Total de muestras</b>			24	

## ii. Evaluación de los parámetros en el laboratorio

- ✓ Se determinó los parámetros fisicoquímicos (Sólidos totales en suspensión, pH, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas) y parámetros microbiológicos (Coliformes termo tolerantes).
- ✓ Se empleó métodos que requerían cada parámetro, en el caso de DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos totales en suspensión, pH, temperatura, aceites y grasas se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional – Cajamarca y para coliformes termo tolerantes se realizó en el laboratorio de NKAP-Cajamarca.

## Procedimiento para la obtención de la concentración de los diferentes parámetros

- ✓ **Sólidos totales en suspensión:** Para la obtención de sólidos totales en suspensión filtramos 500 mL de las muestras de agua residual con el papel de filtro Glass microfiber filters. Luego se colocó todos los papeles filtros en la estufa por una hora a una temperatura de 105 °C para evaporar el agua y que queden todos los sólidos totales en suspensión. Por último, enfriamos el papel filtro y pesamos en la balanza analítica, luego se utilizó la siguiente ecuación:

*Ecuación 5:* Sólidos totales en suspensión

$$\text{TSS} = \frac{m_2 - m_1}{V_m(\text{L})} \times 1000$$

Dónde:

$m_2$  = Masa del papel después del secado

$m_1$  = Masa del papel antes de la filtración

$V_m$  = Volumen de la muestra (500 mL)

- ✓ **pH:** Primero se recolecto una cantidad de muestra de agua en un beaker y se prendió el pH- metro y se colocó el electrodo a la muestra de agua, se dejó actuar hasta que se estabilice y se procedió a tomar el resultado del pH en el agua.
- ✓ **Temperatura:** Para la medición de temperatura se utilizó un multiparámetro HACH hq40d por lo que primero se prendió el equipo y se colocó la muestra de agua residual a un vaso precipitado y se agregó el electrodo a la muestra y se procedió a medir.
- ✓ **Demanda Bioquímica de oxígeno:** Se midió 3 mL de la muestra con una pipeta y se agregó a una botella Winkler, se aforó hasta los 300 mL con disolución nutriente (previamente preparada), luego se midió la concentración de oxígeno disuelto con el equipo HACH hq40d.

Seguidamente se tapó la botella Winkler y se colocó en la incubadora a 21 °C por cinco días. Luego de los cinco días se midió la concentración de oxígeno con el equipo HACH hq40d.

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular la concentración de DBO<sub>5</sub>:

$$DBO_5 = (\text{Concentración inicial de oxígeno} - \text{Concentración final de oxígeno}) \times 100$$

✓ **Demanda química de oxígeno:** Se agregó 2 mL de disolución de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,0167 M a dos tubos de ensayo. Luego se añadió 2 mL de reactivo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – sulfato de plata. Seguidamente se agregó 0,4 mL de una muestra de la muestra a un tubo y luego 0,4 mL de agua destilada al otro tubo de ensayo, luego tapar bien los tubos de ensayo con sus respectivas tapas. Luego se colocó los tubos de ensayo en una gradilla metálica y se llevaron a la estufa a 150 °C por dos horas. Una vez transcurridos las dos horas, se apagó la estufa y se dejó enfriar. A continuación, se agregó el contenido de los tubos de ensayo a los matraces Erlenmeyer de 25 mL y se agregó III gotas de ferroína. Finalmente se tituló con la disolución valorada de Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,10 M (SAF) hasta el cambio brusco de color del verde azulado al rojo violeta. Se anotó el gasto  $V_{\text{Fe(NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2}$

Se calculó la demanda química de oxígeno utilizando la siguiente fórmula:

*Ecuación 6:* Demanda química de oxígeno

$$DQO = \frac{(V_b - V_m) \times M_{\text{SAF}} \times 8000}{V_{\text{muestra}}}$$

Dónde:

$V_b$  = Volumen que gasta de SAF el blanco

$V_m$  = Volumen que gasta de SAF la muestra

$M_{SAF}$  = Molaridad del sulfato Amonico ferroso

$V_{muestra}$  = Volumen de la muestra

- ✓ **Aceites y grasas:** Primero se agregó 0.5 mL de ácido sulfúrico concentrado a 500 mL de la muestra, luego se agitó para bajar el pH hasta menor o igual a 2. Seguidamente se midió la masa de un balón de 250 mL; una vez seco, el papel filtro se colocó en la cámara del Extractor Soxleth, y se le agregó solvente Hexano. Seguidamente se colocó el refrigerante que forma parte del equipo Soxleth, luego se encendió la cocina para que empiece la destilación y reflujo, se esperó por un tiempo de tres horas. Luego se apagó la cocina y se dejó enfriar, seguidamente se sacó el balón del equipo de extracción Soxleth y se conectó a un equipo de destilación simple para recuperar el solvente hexano; luego se dejó secar el balón y se midió la masa de éste.

*Ecuación 7: Aceites y grasas*

$$A \text{ y } G = \frac{(m_2 - m_1) \times 1000}{V_{muestra}}$$

Dónde:

$m_1$  = Masa balón antes de la extracción

$m_2$  = Masa balón después de la extracción

$V_{muestra}$  = Volumen de la muestra (L)

## 2.4. Procedimiento

- ✓ **Muestreo y análisis inicial:** Se realizó toma de muestras en la salida del agua residual para la obtención de la concentración inicial de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos totales en suspensión para ello se

utilizó 3 botellas de un litro de plástico esterilizadas y se tomó las muestras de acuerdo a las indicaciones del Protocolo Nacional del Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales y el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas y Municipales – PTAR, seguidamente se llevó al laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca ya que estos datos fueron necesarios para realizar el dimensionamiento de los humedales artificiales.

- ✓ **Diseño del sistema del humedal artificial:** Para la construcción de los humedales artificiales se tuvo en cuenta los siguientes datos de los resultados iniciales ya que estos resultados fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Tabla 4 Datos requeridos para el diseño de los humedales artificiales

Parámetros	Valor	Unidad
<b>Demanda Bioquímica de oxígeno</b>	547	mg/L
<b>Demanda Química de oxígeno.</b>	500	mg/L
<b>Caudal</b>	0.007	$m^3/dia$
<b>N° porosidad de Humedal superficial con plantas</b>	0.35	
<b>Temperatura</b>	17.6	°C
<b>Profundidad</b>	0.40	M

Fuente: Autoría propia

## Dimensionamiento

Hallamos  $K_t$  :

$$K_T = 1.104(1.06)^{(17.6-20\text{ }^\circ\text{C})}$$

$$K_t = 0.95$$

## 2° Cálculo del caudal (Método del flotador)

### Datos

$$T_p = 11.29 \text{ s}$$

$$d = 5 \text{ m}$$

$$V = ?$$

$$A = ?$$

$$Q = ?$$

Ecuación 8: Velocidad

$$V = \frac{d}{t}$$

$$V = \frac{5 \text{ m}}{11.29 \text{ s}}$$

$$V = 0.44 \text{ m/s}$$

Ecuación 9: Área

$$A = b \times h$$

$$A = 0.2 \text{ m} \times 0.008 \text{ m}$$

$$A = 0.0016 \text{ m}^2$$

Ecuación 10 : Caudal

$$Q = V \times A$$

$$Q = 0.44 \text{ m/s} \times 0.0016 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.007 \text{ m}^3/\text{s}$$

Convertir a L/s

$$Q = 0.007 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000 \frac{\text{L}}{\text{m}^3} = 7 \text{ L/s}$$

Pasamos a L/ día

$$Q = 7 \frac{L}{s} \times \frac{3600 s}{1h} \times \frac{24h}{1 dia} = 604800 L/día$$

Pasamos a  $\frac{m^3}{dia}$

$$604800 \frac{L}{dia} \times \frac{1m^3}{1000 L} = 604.8 \frac{m^3}{dia}$$

### 3° Hallamos el área real en la fórmula

$$As = L * W = \frac{Q [\ln (\frac{Co}{Ce})]}{K_T dn}$$

$$As = \frac{604.8 [\ln (\frac{547}{100})]}{(0.95)(0.31)(0.35)}$$

$$As = 9970.63 m^2$$

### 4° Escala prototipo

$$Q = \frac{\text{profundidad}}{A \text{ superficial real}} \times \text{Caudal real}$$

$$Q = \frac{0.40}{9970.63} \times 604.8$$

$$Q = 0.0242 m^3/día$$

- Suponemos un caudal de 6 gotas / s es igual a 0.0242 m<sup>3</sup>/día

$$As = \frac{0.0242 (\ln (\frac{547}{100}))}{(0.95)(0.31)(0.35)}$$

$$As = 0.40 m^2$$

### 5° Calculo Largo –Ancho (L: W) del humedal

Suponemos las siguientes dimensiones del humedal artificial

$$W = 0.40 L$$

Por lo tanto, se tiene un humedal artificial de las siguientes dimensiones: 1 m de largo, ancho  $W = 0.40 \text{ m}^2$  y a una profundidad de 0.31 m, siendo un volumen de  $0.124 \text{ m}^3$ .

### 6° Calculo del tiempo de retención hidráulica

Ecuación 11: Tiempo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{\text{volumen} \times \text{espacio vacío}}{Q}$$

$$TRH = \frac{0.124 \times 0.35}{0.0242}$$

$$TRH = 1.79 \text{ día}$$

- ✓ **Construcción de los humedales artificiales:** Se utilizó dos contenedores de madera con las siguientes dimensiones,  $0.40 \text{ m}^2$  de ancho , 1m de largo y 0.31m de profundidad, también utilizamos tuberías de  $\frac{1}{2}$  pulgada, plástico grueso , llaves de paso, tabla de madera para el soporte de los sistemas, luego de construir la estructura se procedió a colocar el sustrato compuesto como es grava, arena y suelo orgánico, en seguida se sembraron las plantas, para el humedal 1 ( 12 unidades de *Canna Edulis* ) , para el humedal 2 (12 unidades de *Eichhornia Crassipes*), la cantidad de plantas fue considerada teniendo en cuenta el espacio necesario para cada especie.
- ✓ **Adaptación de las plantas:** El tiempo de adaptación de las plantas fue durante dos meses (31 de octubre - 31 diciembre) con 6 litros de agua en condiciones de riego por día, luego hemos realizado la instalación continua de riego por goteo de 6 gotas/s

de agua residual doméstica, después de este tiempo de adaptación se identificó que en el humedal 1 se encontraron 26 plantas de *Canna Edulis*, en el humedal 2 se encontró 35 plantas de *Eichhornia Crassipes* con relación a las cantidades iniciales de siembra.

✓ **Tratamiento de las aguas residuales domésticas**

Después de la adaptación de las plantas procedimos a abastecer con 25 litros de agua residual doméstica a cada humedal artificial a un caudal de  $0.024 \text{ m}^3$  /día cuando el agua residual ingresa al sustrato origina que tanto este como las plantas favorezcan al tratamiento para remover la materia orgánica. En este sistema tuvo un tiempo de retención de 1 día lo cual el agua residual que ingresó tardo 24 horas para que sea tratada, para la toma de muestras de agua se colocaron recipientes en cada humedal incluido el sistema continuo.

✓ **Muestreo del agua residual**

Para el muestreo de las aguas residuales domésticas se tuvo en cuenta primeramente el Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales y también el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Resolución Jefatural 010-2016- ANA), para la toma de muestras del agua tratada del sistema; en el humedal 1(*Canna Edulis*) y humedal 2(*Eichhornia Crassipes*)se utilizó 9 frascos de plástico esterilizados para la toma de muestras de demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, solidos totales en suspensión, aceites y grasas, pH y temperatura y 9 frascos de vidrio boca ancha para coliformes termo tolerantes por día durante 4 días consecutivos y para el sistema continuo de las dos especies de

plantas(*Canna Edulis* y *Eichhornia Crassipes*) se utilizaron 5 frascos blancos de un litro esterilizado para las muestras de demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, pH, temperatura estas muestras fueron enviadas al laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca y para coliformes termo tolerantes se utilizó 5 frascos de vidrio de 500 mL por lo que fue enviado al laboratorio Ambientales NKAP S.R.LTDA Cajamarca, se llevó las muestras diarias por 4 días ya que fueron recolectadas cada 24 horas. El muestreo se realizó el 13/01/2020 hasta el 20/01/2020 a las 9 de la mañana.

✓ **Análisis de los parámetros estudiados**

Se evaluaron los siguientes parámetros (Sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, pH, temperatura y aceites y grasas), estos parámetros fueron evaluados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca por las autoras con apoyo de nuestro asesor el Ingeniero Juan Carlos Flores Cerna y para el parámetro de Coliformes termo tolerantes fueron evaluados en el laboratorio NKAP- Cajamarca.

✓ **Obtención de los resultados**

Los informes de los resultados de las muestras del laboratorio NKAP-Cajamarca fueron entregados el 24 de enero en cuanto a parámetros microbiológicos; en este caso coliformes termo tolerantes, mientras que los resultados de los demás parámetros físicos-químicos (sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, Demanda Química de oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno) fueron verificados el mismo.

✓ **Recopilación de los datos en el software Excel.**

Una vez que se tuvo todos los resultados de los parámetros, se procedió a almacenarlos en Excel.

✓ **Procesamiento de datos**

El procesamiento de resultados se realizó con la ayuda del software Excel, en lo cual se trabajó los gráficos de barras para las concentraciones durante los cuatro días y la comparación de los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales que establece la Norma 0032010-MINAM.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 5. Resultados iniciales y finales de los parámetros fisicoquímicos de los humedales artificiales.

	Aceites y grasas (mg/L)					Solidos totales en suspensión (mg/L)					Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)				
	Tiempo de retención					Tiempo de retención					Tiempo de retención				
	0h	24h	48h	72h	96h	0h	24h	48h	72h	96h	0h	24h	48h	72h	96h
<b>Afluente</b>	277.6	-	-	-	-	317	-	-	-	-	11*10 <sup>6</sup>	-	-	-	-
<b>H 1</b>	-	105.4	10.6	3.2	0.6	-	164.4	76.2	34.8	1.8	-	13*10 <sup>6</sup>	92*10 <sup>5</sup>	24*10 <sup>4</sup>	49*10 <sup>3</sup>
<b>H2</b>	-	24.9	10	0.6	0.6	-	149.6	314	50	6.95	-	11*10 <sup>6</sup>	54*10 <sup>5</sup>	24*10 <sup>4</sup>	70*10 <sup>3</sup>
<b>H3</b>	101.6	74.4	30	15.8	12.4	320	130.4	90.5	83.4	77.5	17*10 <sup>6</sup>	17*10 <sup>5</sup>	33*10 <sup>5</sup>	79*10 <sup>4</sup>	70*10 <sup>3</sup>

Nota: H1 = Humedal 1, H2 = Humedal 2, H3 = Humedal 3

La tabla 5 muestra los resultados de la concentración inicial y final del tratamiento para de aceites y grasas, Solidos totales en suspensión y Coliformes Termotolerantes.

Tabla 6. Resultados de la concentración inicial y final de DBO<sub>5</sub> y DQO

	DBO (mg/L)					DQO (mg/L)				
	Tiempo de retención					Tiempo de retención				
	0h	24h	48h	72h	96h	0h	24h	48h	72h	96h
<b>Afluente</b>	648					1472	-	-	-	-
<b>H 1</b>		416	400	147	130	-	992	224	32.1	53.3
<b>H2</b>		660	599	212	249	-	1056	832	56.4	40.1
<b>H3</b>	317	129	173	281	970	906.7	805	346	320	220

En la tabla 6 se observa la concentración inicial y final de demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno.

Tabla 7. Concentración inicial y final de pH y temperatura

	pH					T (°C)				
	Tiempo de retención					Tiempo de retención				
	0h	24h	48h	72h	96h	0h	24h	48h	72h	96h
<b>Afluente</b>	7.32					20.8	-	-	-	-
<b>H1</b>	-	7.35	7.04	6.65	6.73	-	21.3	19.3	24.4	23.3
<b>H2</b>	-	6.33	6.71	6.57	6.81	-	21.3	19.6	24.2	23.2
<b>H3</b>	8.63	7.35	7.02	6.78	7.31	23.9	20	23.1	23.1	26.1

En la tabla 7 se aprecia los resultados de entrada y salida de pH y temperatura

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

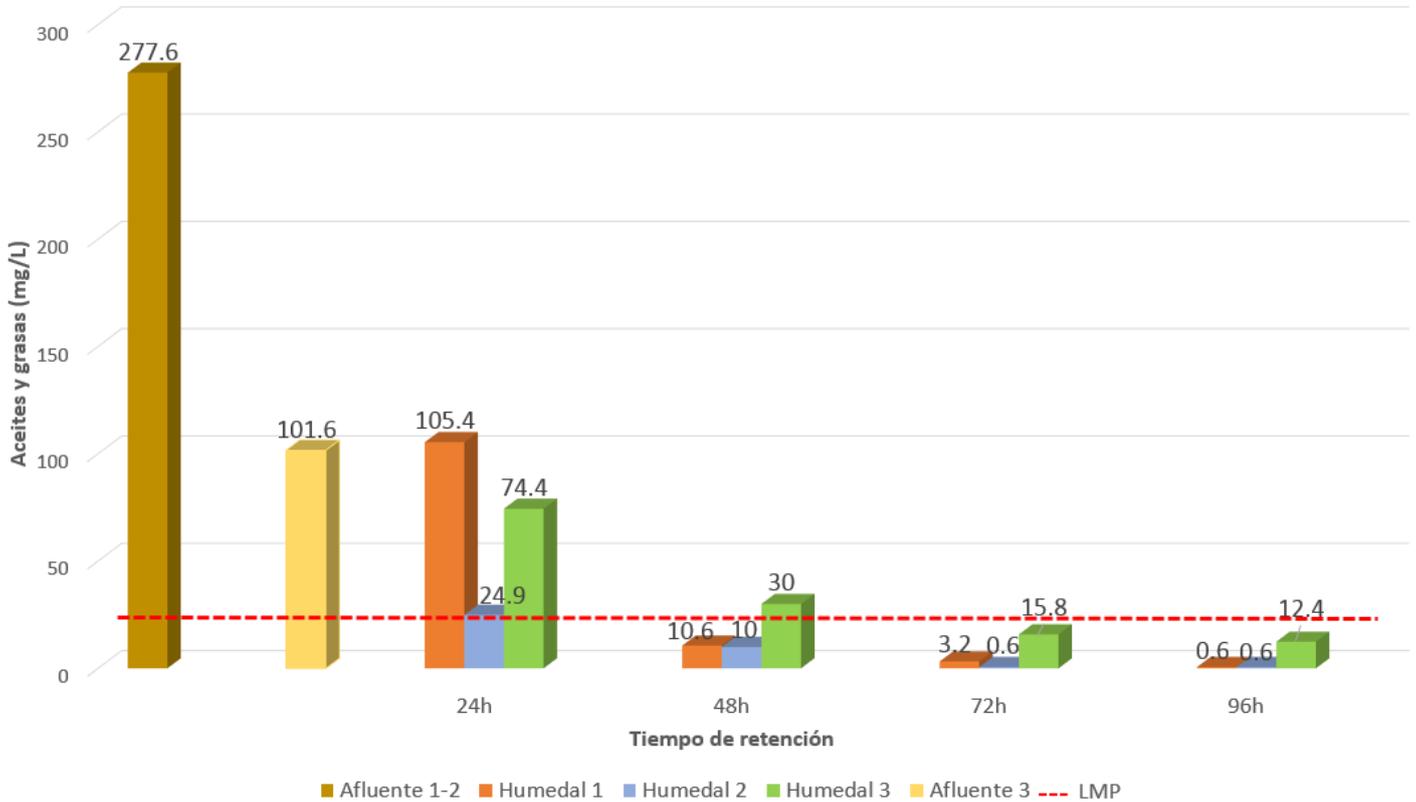


Figura 5. Concentración de Aceites y Grasas (mg/L)

En la figura 5, se observa que la concentración inicial de aceites y grasas en el agua residual de la provincia de Chota es 277.6 mg/L. A las 24 horas las concentraciones de los humedales 1 y 2, sus aceites y grasas son de 105.4 mg/L y 24.9 mg/L respectivamente. A las 96 horas, las concentraciones de los dos humedales son muy bajas, dando 0.6 mg/L para ambos (Achira y Jacinto de Agua), mientras que comparando el afluyente 3 nos muestra una variabilidad en su concentración inicial de 101.6 mg/L a 12.4 mg/L para las 96 horas. Las concentraciones finales de los humedales 1, 2 y 3 no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

Estos estudios son similares a la investigación realizada por Hernández (2017) quien reportó 7.25 mg/L como concentración final para aceites y grasas con Achira. Al igual que nuestro estudio, los resultados se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles que es 20 mg/L.

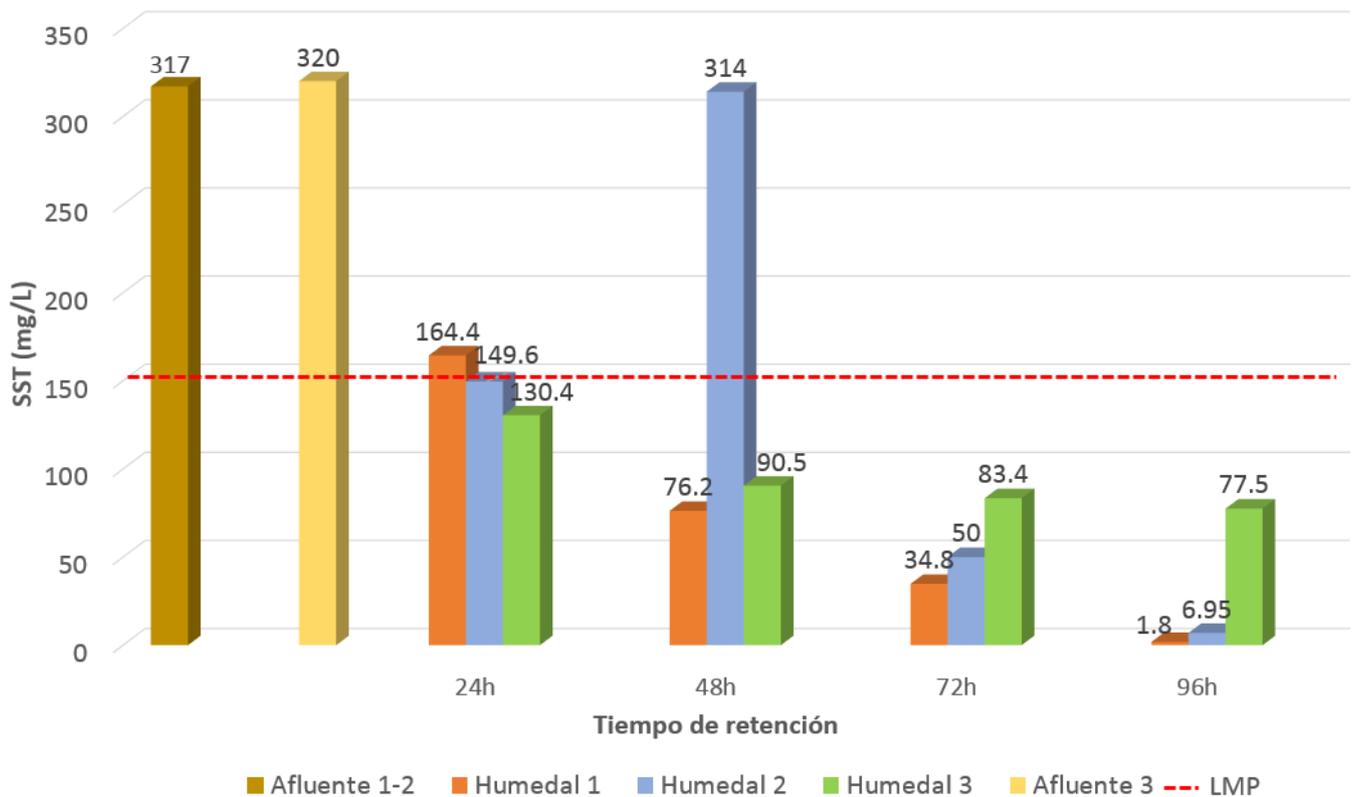


Figura 6. Concentración de sólidos totales en suspensión (mg/ L)

De la figura 6 se aprecia que la concentración inicial de Sólidos Totales en Suspensión del afluente de la provincia de Chota es de 317 mg/L. A las 24 horas la concentración del humedal 1 fue de 164.4 mg/L, sobrepasando los límites máximos permisibles, contrario a los resultados del humedal 2 que fue de 149.6 mg/L, el cual se encuentra por debajo de los LMP. Respecto a la concentración del afluente 3 que fue de 320 mg/L, se muestra una reducción a 130.4 mg/L a las 24 horas. A las 96 horas los humedales 1 y 2 redujeron

considerablemente sus concentraciones a 1.8 mg/L, 6.9 mL/L, y respecto al humedal 3 también mostró una disminución a 77.5 mg/L, dichos valores no superan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM e indican que tanto Achira, Jacinto de Agua y la combinación de ambos son eficientes para la remoción de SST.

Contrastando con la investigación presentada por Diaz & Valdivia (2018) las concentraciones a las 96 horas con *Canna Spp* (Achira) de SST fue de 9.40 mg/L, siendo mayor a nuestro resultado por parte del Humedal 1 - Achira, sin embargo, ambos se encuentran por debajo del Límite Máximo Permissible por el D.S. 003-2010- MINAM.

Hernández (2017), en su investigación según el último reporte para sólidos totales en suspensión tratado con Achira afirmó que fue de 49 mg/L, mientras que en nuestro estudio fue de 1.8, ambos resultados no superan los límites máximos permisibles por el D.S. 003-2010- MINAM.

Por otro lado, el humedal 2 muestra una gran disminución en sus concentraciones variando de 149.6 a 6.95 mg/L tal como afirma Vargas (2017), un sistema instalado con el *Eichhornia Crassipes* si es eficiente con respecto a la remoción de parámetros según el tiempo de retención por encontrarse dentro de los Límites Máximos Permisibles, tal como lo indican los resultados de Sólidos Totales en Suspensión (200 mg/L – 85 mg/L). Del mismo modo Chuquibala & Sánchez (2017) en su investigación obtuvieron que las concentraciones de SST que en un inicio fue 710 mg/L después del tratamiento con *Eichhornia Crassipes* se obtuvo 85 mg/L, siendo el Jacinto acuático eficiente en la remoción para el respectivo parámetro.

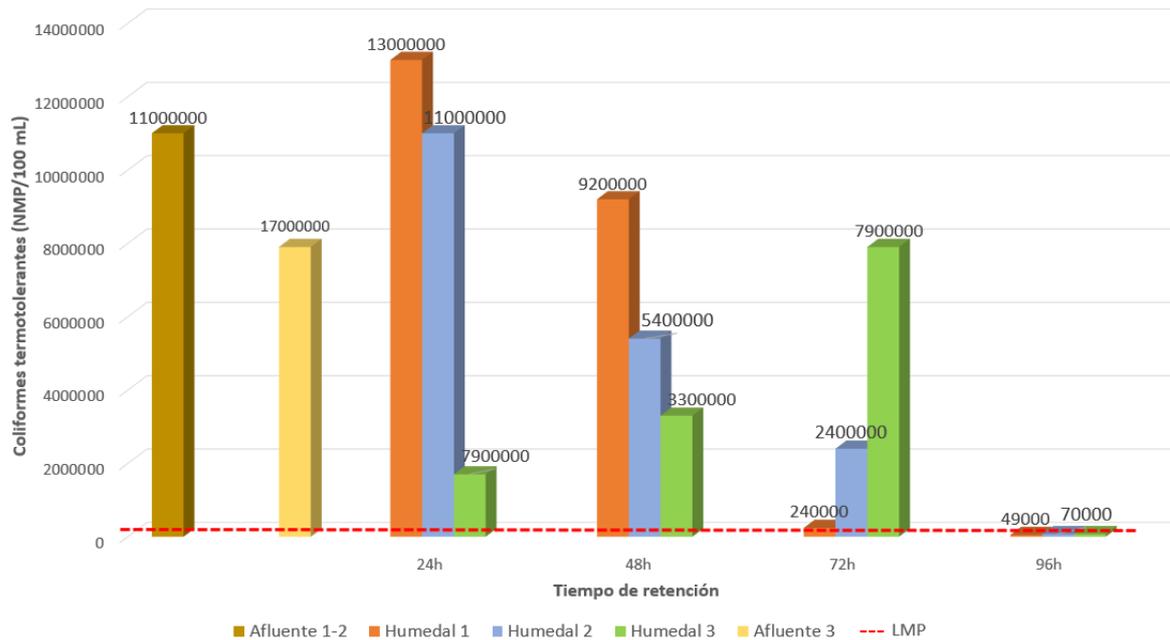


Figura 7. Concentración de coliformes termotolerantes

La Figura 7 nos muestra las concentraciones de coliformes termotolerantes, siendo 11000000 NMP/100 mL para el afluente 1-2, 13000000 NMP/100 mL para el humedal 1 a las 24 horas y 11000000 NMP/100 mL para el humedal 2. Respecto al afluente 3 su concentración inicial es de 17000000 NMP/100 mL variando 70000 NMP/100 mL a las 96 horas. A las 96 horas, las concentraciones de los humedales 1 y 2 se redujeron a 49000 y 70000 NMP/100 mL, respectivamente. Sin embargo, a pesar de existir una significativa disminución, las concentraciones finales se encuentran sobre los límites máximos permisibles, siendo éste 10000 NMP/100 mL.

Contrastando con el estudio presentado por Hernández (2017) obtuvo que las concentraciones en el primer y segundo reporte de coliformes termotolerantes con Achira fueron de 22000 NMP/100 mL y al igual que nuestro estudio para las 24 y 48 horas (13000000 NMP/100 mL y 9200000 NMP/100 mL) los resultados de ambos estudios sobrepasaron los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

Del mismo modo, Duchicela & Toledo (2014) en su estudio obtuvieron que los resultados microbiológicos para coliformes fecales indicaron que el punto de entrada fue de  $1.25 \times 10^{12}$  NMP/100 mL y de salida con tratamiento Achira  $2.0 \times 10^7$  NMP/100 mL, dichos resultados a pesar de disminuir en su concentración tal como lo muestran los resultados de Chuquibala & Sánchez (2017) siendo inicialmente 450000000 NMP/100 mL y disminuyendo a 90000000 NMP/100 mL con tratamiento Jacinto de Agua, sobrepasaron los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

Sin embargo, Vargas (2017) al evaluar la eficiencia de estas plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) obtuvo que la variabilidad en entrada y salida de coliformes termotolerantes fue de 4500 NMP/100mL a 1642 NMP/100 mL) ambos cumpliendo con los Límites máximos permisibles.

Los valores altos en coliformes termotolerantes es debido a que el sistema estaba aún en proceso de formación de raíces de las plantas tiene pocas colonias de microorganismos mínimas incorporación de oxígeno a lecho filtrante y reciente crecimiento de microalgas. (Hernández, 2017).

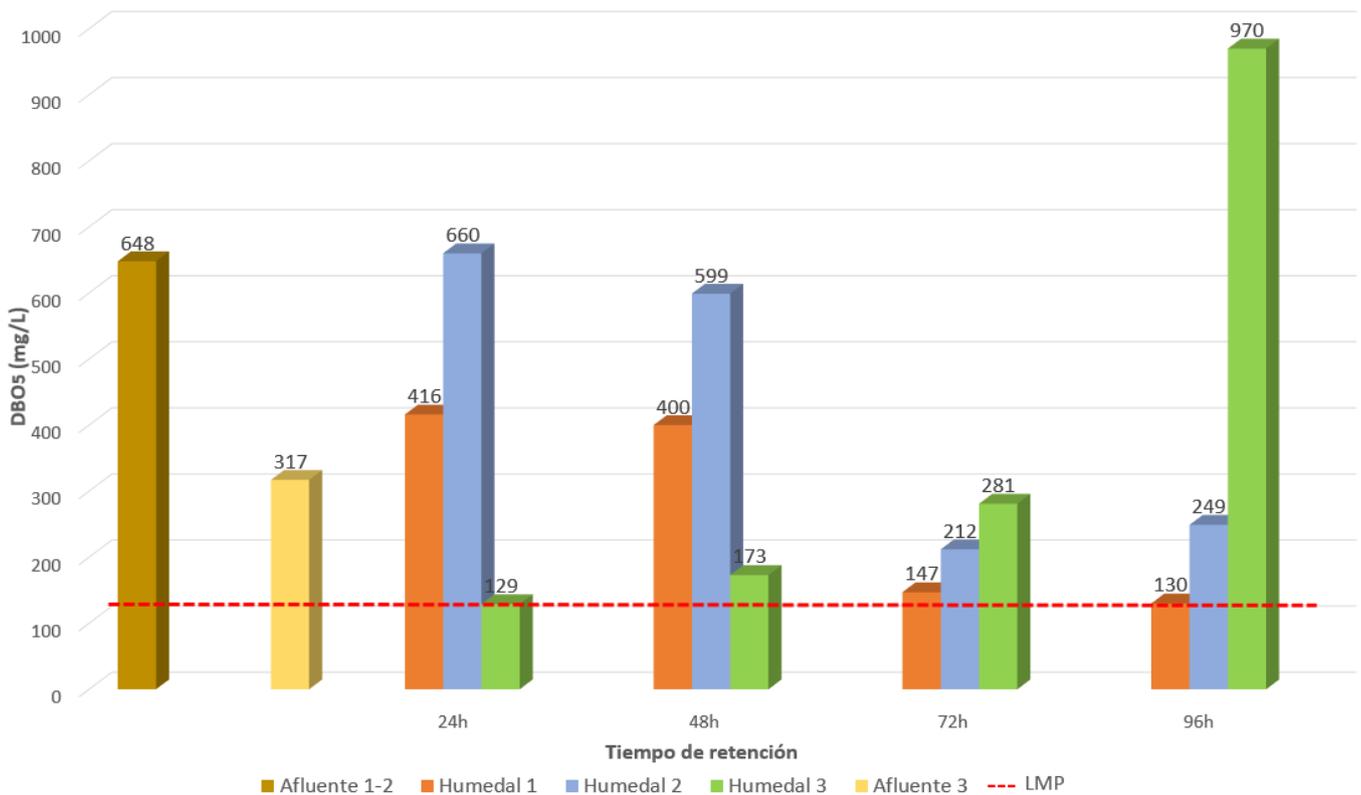


Figura 8. Concentración de demanda bioquímica de oxígeno

De acuerdo a la Figura 8, la concentración inicial de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el efluente de agua residual de la provincia de Chota es de 648 mg/L, A las 24 horas las concentraciones de los humedales 1 y 2 fueron de 416 mg/L y 660 mg/L respectivamente. Mientras que la concentración inicial del afluyente 3 fue de 317 mg/L reduciendo a 129 mg/L a las 24 horas. Tanto a las 48 horas, 72 horas y 96 horas, las concentraciones de los humedales 1 y 2 muestran un comportamiento de reducción en sus concentraciones dando 130 mg/L; 249 mg/L para las 96 horas, respectivamente. Sin embargo, el humedal 3 aumenta su concentración en función del tiempo de retención, de 129 mg/L a 970 mg/L y comparando con los límites máximos permisibles sobrepasan lo establecido en el D.S. 003-2010- MINAM.

En su investigación Duchicela & Toledo (2014) determinaron la eficiencia de la especie Achira siendo los resultados la variación de ingreso y salida en la semana 4 para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (254 mg/L a 201 mg/L, respectivamente) y para nuestro estudio de 416 mg/L a 130 mg/L, dichos valores que a pesar que sobrepasan lo que exige la normativa (100 mg/L) se demuestra una gran eficiencia con achira para la remoción de DBO<sub>5</sub>.

Diaz & Valdivia (2018) obtuvo que las concentraciones de DBO<sub>5</sub> con el tratamiento Achira a las 96 horas tuvo un valor de 17.50 mg/L, similar al de Hernández (2017) que reportó el DBO<sub>5</sub> = 4.72 mg/L, valores que se encuentra por debajo del LMP, contrario a nuestros resultados.

Por otro lado, Vargas (2017) en su investigación mostró la variabilidad para la demanda bioquímica de oxígeno tratada con *Eicchornia Crassipes* siendo (195 mg/L - 73mg/L), similar al estudio presentado por Chuquibala & Sánchez (2017) donde determinó que la DBO<sub>5</sub> varió de 245 mg/L a 32 mg/L, valores menores a nuestro resultado para el Humedal 2 – Jacinto de Agua que fue de 249 mg/L, el cual no cumplió con los Límites Máximos Permisibles establecido en el D.S. 003-2010- MINAM.

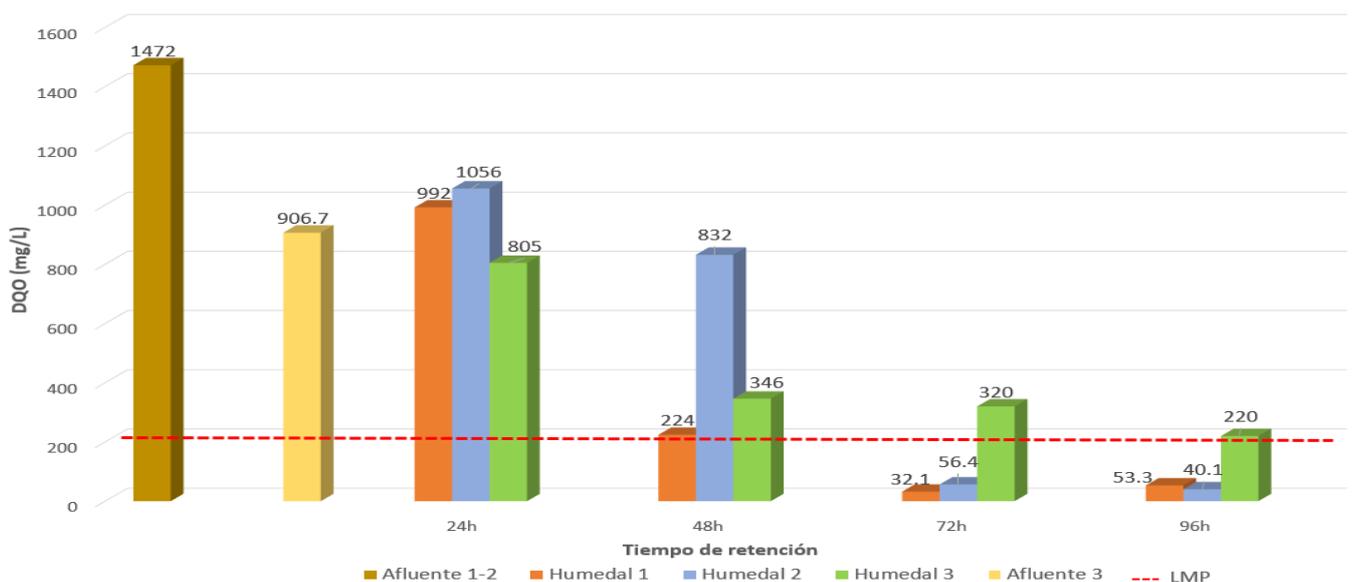


Figura 9. Concentración de la demanda química de oxígeno

En la figura 9, se observa que la concentración inicial para el afluente 1-2 de demanda química de oxígeno en el agua residual de la provincia de Chota es 1472 mg/L. A las 24 horas las concentraciones de los humedales 1 y 2 fueron de 992 mg/L y 1056 mg/L y a las 96 horas se puede apreciar que las concentraciones de los dos humedales son muy bajas, dando 53.3 mg/L; 40.1 mg/L, respectivamente. Por otro lado, la concentración inicial del afluente 3 fue de 906.7 mg/L, a las 24 horas 805 mg/L y a las 96 horas se redujo a 220 mg/L, sin embargo, sobrepasó los Límites Máximos Permisibles establecido en el D.S. 003-2010-MINAM.

El valor obtenido del humedal 1 (Achira) a las 96 horas fue de 53.3 mg/L, este resultado es similar a la investigación realizada por Diaz & Valdivia (2018) quienes obtuvieron que las concentraciones de DQO con el tratamiento Achira a las 96 horas fue de 37.50 mg/L, al igual que el valor de DQO = 24.2 mg/L que reportó Hernández (2017), dichos resultados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM.

Por otro lado, la concentración en el humedal 2 (Jacinto de Agua) a las 96 horas en nuestro estudio fue 40.1 mg/L. El estudio presentado por Chuquibala & Sánchez (2017) indicaron los resultados antes y después del tratamiento con *Eichhornia Crassipes* – Jacinto de Agua, siendo la variabilidad de DQO (318 mg/L a 73 mg/L), el cual se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

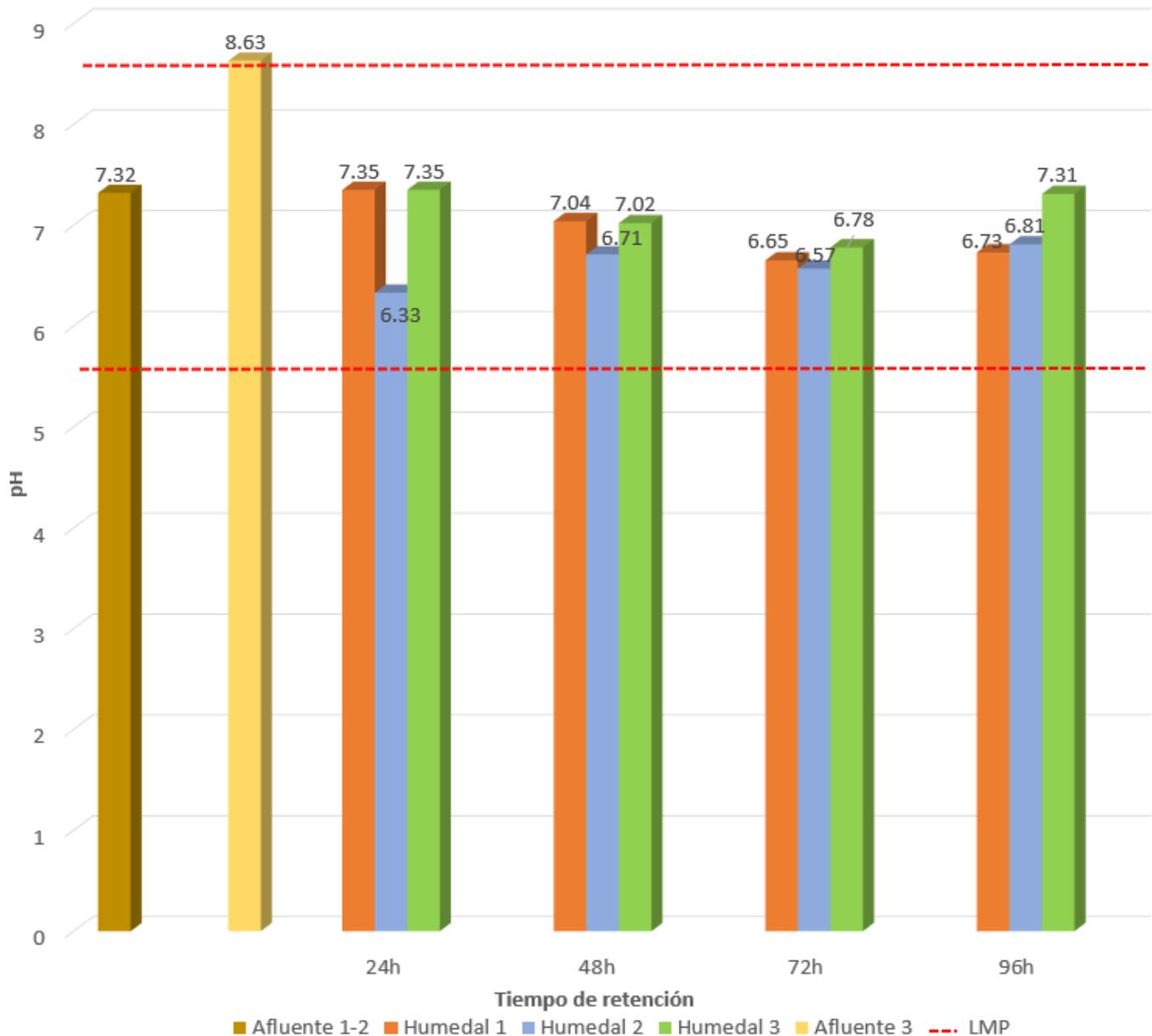


Figura 10. pH de los humedales artificiales

En la figura 10, se observa que el pH inicial en el agua residual de la provincia de Chota es 7.32. A las 24 horas el pH de los humedales 1 y 2 son de 7.35 y 6.33, respectivamente y a las 96 horas, el pH del humedal 1 se reduce a 6.73, contrario al humedal 2 que aumenta a 6.81. Respecto al afluente 3 inicialmente el valor del pH es de 8.63, disminuyendo a 7.31 a las 96 horas, todos los valores finales de los humedales artificiales se encuentran dentro del rango de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

Resultados similares al estudio presentado por Diaz & Valdivia (2018) que utilizaron *Canna Spp* (Achira) durante 4 días cada 24 horas, siendo los resultados finales de pH a las 96 horas 7.84. Del mismo modo, Duchicela & Toledo (2014) en investigación obtuvieron que para la semana 4 el pH fue de 6.45, similar al estudio realizado por Hernández (2017) que para el tercer reporte obtuvo pH = 6.57, muy cercano al valor obtenido en nuestro estudio siendo para el Humedal 1 – Achira pH = 6.73.

Por otro lado, Vargas (2017) en su investigación obtuvo que el pH pasado 1 semana de tiempo de retención fue de 7.23, superior a nuestros resultados (6.81), sin embargo, todos los resultados finales mencionados se encuentran en el rango de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

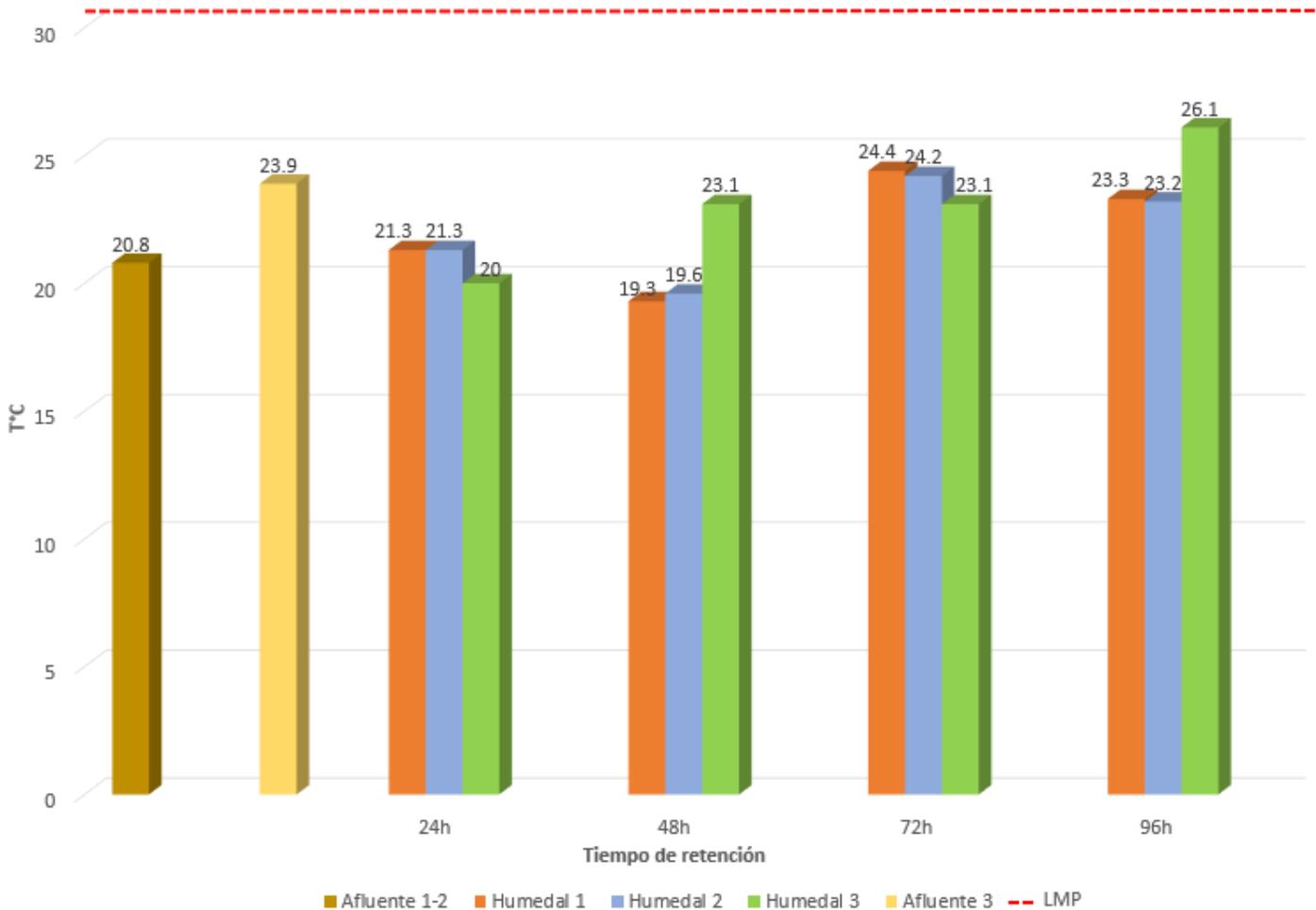


Figura 11. Temperatura en los humedales artificiales

La figura 11 muestra el comportamiento de la temperatura en función del tiempo de retención, siendo la concentración inicial en el afluente 1 – 2 de agua residual de la provincia de Chota 20.8 °C. A las 24 horas las concentraciones de los humedales 1 y 2 fueron 21.3 °C. A las 96 horas las concentraciones de los dos humedales aumentaron, dando 23.3°C para el humedal 1 y 23.2°C para el humedal 2. Por otra parte, la concentración del afluente 3 fue de 23.9 °C, pasando a las 24 horas a 20° C y a las 96 horas aumentando a 26.1 °C. Los resultados finales de los tres humedales artificiales se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

Estos estudios son similares a la investigación realizada por Diaz & Valdivia (2018) quienes utilizaron *Canna Spp* (Achira) y obtuvieron que las concentraciones con el tratamiento Achira a las 96 horas de Temperatura fue de 16.90 °C, al igual que Duchicela & Toledo (2014) que obtuvo 16.8 °C, valores que al igual que nuestros resultados no superan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

Por otro lado, Vargas (2017) en su investigación empleó *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) y obtuvo que la variación de temperatura fue de 24°C a 23.8°C, que al igual que nuestro resultado se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. 003-2010- MINAM.

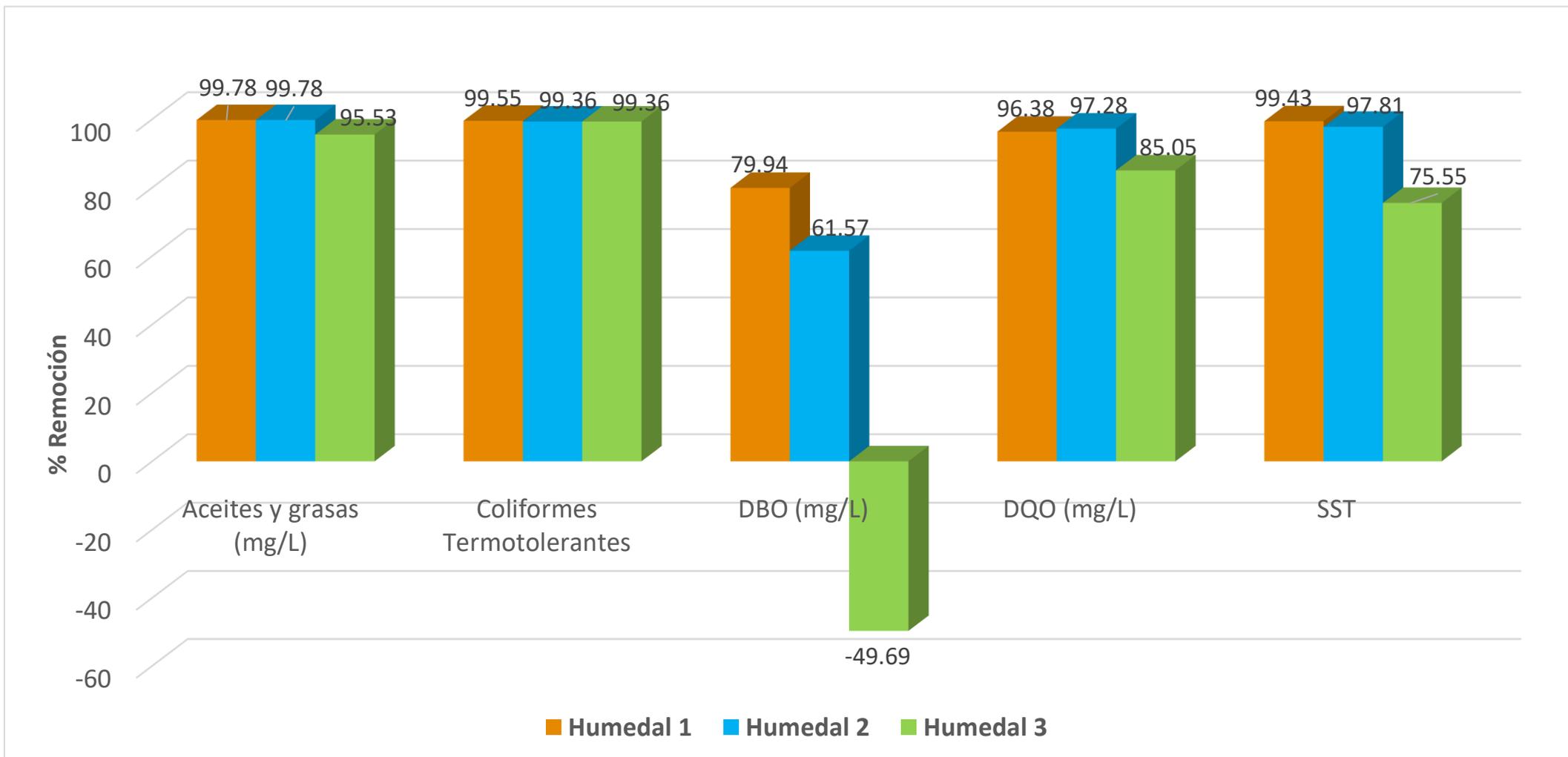


Figura 12. Porcentaje de remoción orgánica de los humedales artificiales

En la figura 12, se observa el porcentaje de remoción para todos los parámetros estudiados, se logra verificar que el más eficiente en remover los Aceites y grasas es al aplicar *Canna Edulis* y *Eichhornia Crassipes* con un 99.78 %, mientras que la combinación de ambos logró remover 95.53 %

Del mismo modo, se muestra la remoción de Coliformes Termotolerantes, DBO<sub>5</sub> y SST, siendo más eficiente aplicar la *Canna Edulis* con un 99.55, 79.94% Y 99.43% respectivamente.

Duchicela & Toledo (2014) en su estudio indicaron que la achira presentó un porcentaje de remoción de 32.4 % y totora un 23.9% en eliminación de materia orgánica representada como demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Concluyendo, de esta manera que la mayor eficiencia es achira para la para la remoción de este parámetro por características de su raíz en forma de bulbo proporcionando mayor superficie de adhesión para microorganismos. Hernández (2017) afirmó que en su investigación redujo en un 99.93 % las concentraciones de coliformes termotolerantes en el humedal 1, similar al porcentaje de remoción presentado en nuestra investigación.

Vargas (2017) estimó que el porcentaje de remoción con *Eichhornia Crassipes* para Coliformes Termotolerantes fue de 63.51%, para DBO<sub>5</sub> 62.56 % y para SST 57.50% siendo menores a los porcentajes de remoción con *Canna Edulis*, lo que demuestra que la especie más eficiente sigue siendo *Canna Edulis*, tal como afirma Pantoja., et al (2017) en su investigación, que concluye que la achira es la segunda especie más eficiente en cuanto a remoción de carga orgánica, antecedido por la totora.

#### 4.2. Conclusiones

Se trató las aguas residuales de la provincia de Chota aplicando humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis*, siendo este último el más eficiente para la mayoría de parámetros en comparación del *Eichhornia Crassipes* y de la combinación de ambas especies.

Se determinó la concentración de aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, coliformes termotolerantes, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno en el afluente, siendo éstas: 277.6 mg/L, 317 mg/L, 11000000 NMP/100 mL, 1472 mg/L y 648 mg/L. Para los efluentes, las concentraciones a las 96 horas de tratamiento en los tres humedales artificiales, dieron los siguientes resultados: aceites y grasas (0.6 mg/L, 0.6 mg/L, 12.4 mg/L), sólidos totales en suspensión (1.8, 6.95, 77.5 mg/L) Coliformes termotolerantes (49000, 70000, 70000 NMP/100 mL), Demanda química de oxígeno (53.3, 40.1, 220 mg/L), Demanda Bioquímica de oxígeno (130, 249, 970 mg/L).

Se determinó el pH, temperatura en afluente con 7.32 y 20.8 °C y en el efluente con valores de, 7.31 y 26.1 °C respectivamente.

Se determinó que el tiempo de retención es de 24 horas y se realizó el tratamiento por 4 días consecutivos. El porcentaje de remoción en los sistemas de humedales artificiales con *Eichhornia Crassipes* y *Canna Edulis* para Aceites y Grasas es

99.78 %, 99.78, 95.53 %. Para Coliformes Termotolerantes, 99.36 %, 99.55, 99.36 %. Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno 61.57%, 79.94%, - 49.69 %. Para la Demanda Química de Oxígeno, 97.28 %, 96.38 y 85.05%. Finalmente, para los Sólidos Totales en Suspensión 97.81 %, 99.43% y 75.55 %, respectivamente.

Se logró comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos en el D. S. N°003-2010-MINAM; encontrándose que la mayoría de los parámetros cumplen con los Límites Máximos Permisibles a las 96 horas, siendo estos los Aceites y grasas, sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, pH y Temperatura; la Demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes superan los límites máximos permisibles.

## REFERENCIAS

Arce, P (2018). *Humedales artificiales una alternativa para el tratamiento de aguas de producción*. Fundación Universidad de América, Bogotá. Recuperado de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7132/1/091369-2018-I-GA.pdf>

Calvo, F (2017). *Contaminación del Agua*. Recuperado de [https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf\\_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf](https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf)

Carvajal, A., Zappatinni, C., Quintero, C. (2018). *Humedales Artificiales, una alternativa para la depuración de Aguas Residuales en el Municipio de Mizque, Bolivia*. Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4z7ojeBKRw4J:polired.upm.es/index.php/distecd/article/download/3744/3830+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe>

Casanova, D & Mejía, E (2013). *Evaluación de dos tiempos de retención Hidráulica, en un sistema de recirculación vs aireación convencional y su efecto en las variables productivas y bienestar de ejemplares de la trucha arcoíris *Oncorhynchus Mykiss** (Tesis de grado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. Recuperado de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/89683.pdf>

Congreso de la Republica. *Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda*. Lima-Perú. Congreso de la Republica. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/23087/RM-273-2013-VIVIENDA.pdf>

Congreso de la República del Perú (2005). *Ley general del ambiente*. Lima – Perú: Congreso de la republica de Perú. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>

Duchicela, V. & Toledo, M. (2014). *Determinación de eficiencia de especies vegetales: totora - achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Punín 2013*. (Tesis de Grado).

Ecosan (2011). *Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de Aguas Grises y Aguas Domesticas*. Recuperado de <http://ecotec.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/Revision-T--cnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>

El congreso de la República del Perú (2010). *Ley de recursos hídricos*. Lima-Perú: Ministerio del Ambiente. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>

El presidente de la República del Perú (2010). D.S.N° 003-2010-MINAM, *Aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de las plantas de tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales*. Lima – Perú: El presidente del Perú. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>

Ecured (2012). *Jacinto de Agua*. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Jacinto\\_de\\_agua](https://www.ecured.cu/Jacinto_de_agua)

Ecured (2013). *Achira*. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Achira>

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3402/1/236T0096%20.pdf>

Grombett, S., Perez, N., Abalos, A., R, S. (2013). *Revista Cubana Química* 25(2), pp. 134-142. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543735003.pdf>

Hernández, W. (2017). *Tratamiento de aguas residuales empleando las especies achira (Canna Indica) y carrizo (Pragmites Australis) a través de humedales artificiales, Chalamarca 2017*. (Tesis de Grado). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo – Perú. Recuperado

De

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/28154/hernandez\\_vw.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/28154/hernandez_vw.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lizana, P (2018). *Tratamiento de Aguas Residuales en el Caserío Vila Palambra* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura. Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3636/ING\\_605.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3636/ING_605.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lizarazo, J & Orjuela, M (2013). *Sistemas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá- Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima-Perú. Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado de [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)

*Naturaleza del agua residual doméstica y su tratamiento* (s.f). Recuperado de [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_135\\_183\\_88\\_1242.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_135_183_88_1242.pdf)

Oefa (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

Pariccaua, E (2018). *Evaluación de la Operatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales del distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, Puno* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. Recuperado de

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9799/Pariccahua\\_Huanca\\_Edwin\\_Ricardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9799/Pariccahua_Huanca_Edwin_Ricardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pantoja, A. & Tarapues G. (2017). *Remoción carga contaminante con humedales artificiales de tipo piloto sub-superficial horizontal (HAFSSh), GRANJA BOTANA, NARIÑO*. (Tesis de Grado). Universidad de Nariño, Colombia. Recuperado de <http://sired.udenar.edu.co/5947/1/REMOCI%C3%93N%20CARGA%20CONTAMINANTE%20CON%20HUMEDALES%20ARTIFICIALES%20DE%20TI.pdf>

Raffo, E & Ruiz, E (2014). *Industria Data* 17(1), pp. 71-80. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Rincon, J & Millan, N (2013). *Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el Tratamiento de Aguas Residuales en la Universidad Libre* (Tesis de grado). Universidad Libre, Bogotá. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9997/EVALUACION%20DE%20UN%20HUMEDAL%20HSS%20PARA%20LA%20U%20LIBRE..pdf?sequence=1>

Solís R., López G., Bautista R., Hernández J. & Romellón M. (2016). *Evaluación de Humedales Artificiales de Flujo Libre Subsuperficial en la Remoción de Contaminantes de Aguas Residuales Utilizando Diferentes Especies de Vegetación Macrófita*. Recuperado de <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/40-LOPEZ-41-1.pdf>

Soto, J (2016) *Estudio de la Aplicabilidad de humedales artificiales para la mejora de la calidad de las aguas en los meandros abandonados del rio Segura*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70818/01\\_Estudio%20de%20aplicabilidad%20de%20humedales%20artificiales%20para%20la%20mejora%20de%20la%20calidad%20de](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70818/01_Estudio%20de%20aplicabilidad%20de%20humedales%20artificiales%20para%20la%20mejora%20de%20la%20calidad%20de)

[%20las%20aguas%20en%20los%20meandros%20abandonados%20del%20r%C3%ADo%20Segura.pdf?sequence=1](#)

Unesco (2017) *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado*. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1\\_15.247647s.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1_15.247647s.pdf)

Vargas, K. (2017). *Evaluación de Eichhornia Crassipes y Lemna Minor en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba, 2015*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto -Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2802/SANITARIA%20-%20Katty%20Lizeth%20Vargas%20Torres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vizcaíno, L. & Fuentes, N. (2016). *Efectos de Eisenia Foetida y Eichhornia Crassipes en la Remoción de Materia Orgánica, Nutrientes y Coliformes en Efluentes Domésticos*. En *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19 (1), pp: 189 – 198. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262016000100022](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022)

## ANEXOS

Anexo 01: Toma de muestras para determinar la concentración inicial de parámetros



Anexo 02: Midiendo la distancia para el cálculo del caudal



Anexo 03: Sustrato de los sistemas



Anexo 04: Siembra de la especie *Canna Edulis*



Anexo 05: Siembra de la especie *Eichhornia Crassipes*



Anexo 06: Adaptación de las plantas en los sistemas



Anexo 07: Instalación de las tuberías en el sistema



Anexo 08: Toma de muestra después del tratamiento del humedal 1



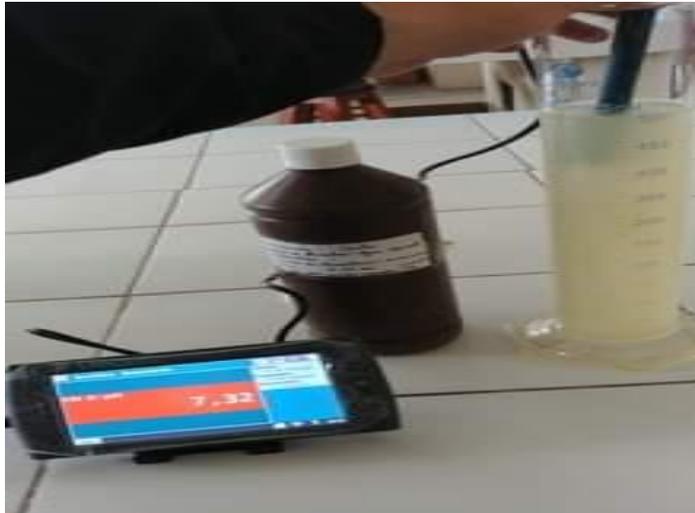
Anexo 09: Toma de muestra después del tratamiento del humedal 2



Anexo 10: Toma de muestra después del tratamiento del humedal 03



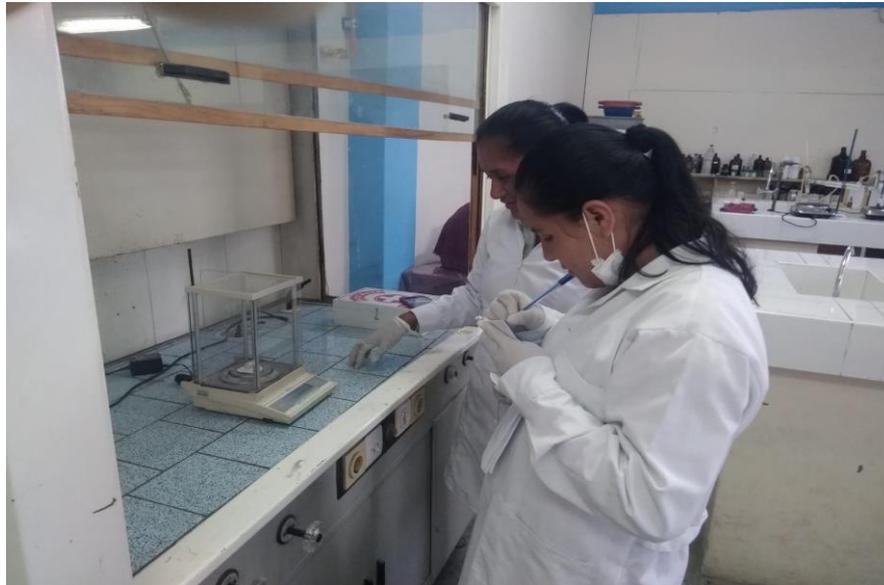
Anexo 11: Análisis de pH y temperatura



Anexo 12: Separación del papel de filtro, proceso de obtención de masas de SST.



Anexo 13: Pesado del papel de filtro, proceso de obtención de masas de SST.



Anexo 14: Proceso de separación de aceites y grasas



Anexo 15: Proceso de separación de aceites y grasas(centrifugación)



Anexo 16: Proceso de Demanda química de oxígeno



Anexo 17: Resultados de las concentraciones iniciales para el cálculo del dimensionamiento

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**Facultad de Educación**  
Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas 

*Facultad de Educación*  
*¡Rumbo a la Acreditación!*

**Laboratorio de Química Orgánica**

---

**REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO – AGUAS RESIDUALES DE CHOTA**

**SOLICITANTES:** Luz Yanina Santa Cruz Sánchez  
Sandra Isabel Tantaleán Revilla

**INVESTIGACIÓN:** “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PROVINCIA DE CHOTA APLICANDO HUMEDALES ARTIFICIALES CON *Eichhornia Crassipes* y *Canna edilis*”

**MUESTRA:** Entregada por las solicitantes

**FECHA:** 01/11/19

PARÁMETRO	RESULTADO
Aceites y grasas	0,1572 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	547 mg/L
Demanda química de oxígeno	500 mg/L
Sólidos totales suspendidos	2,1 mg/L
pH	7,06
Temperatura	20,1 °C

Atentamente:



---

M.Sc. Juan Carlos Flores Cerna

Anexo 18: Resultados en el afluente, en los humedales 1 y 2 a las 24 h para el parámetro de coliformes termotolerantes.




**INFORME DE ENSAYO**  
C-015-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-015-01
Código de Cliente			AFLUENTE
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			13/01/2020
Hora de Muestreo			12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		11 x 10 <sup>6</sup>

Código de Laboratorio			C-015-02
Código de Cliente			ACHIRA
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			13/01/2020
Hora de Muestreo			12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		13 x 10 <sup>6</sup>

Código de Laboratorio			C-015-03
Código de Cliente			JACINTO
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			13/01/2020
Hora de Muestreo			12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		11 x 10 <sup>6</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de **Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.**  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \* Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.  
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873  
 info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

Anexo 19: Resultados, en los humedales 1 y 2 a las 48 h para el parámetro de coliformes termotolerantes.




LABORATORIOS AMBIENTALES

**INFORME DE ENSAYO**

C-016-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-016-01
Código de Cliente			ACHIRA
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			14/01/2020
Hora de Muestreo			12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		92 x 10 <sup>5</sup>

Código de Laboratorio			C-016-02
Código de Cliente			JACINTO
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			14/01/2020
Hora de Muestreo			12:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		54 x 10 <sup>5</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de **Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.**  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \*Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.**  
**Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.**  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873  
 info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

Anexo 20: Resultados, en los humedales 1 y 2 a las 72 h para el parámetro de coliformes termotolerantes.




**INFORME DE ENSAYO**  
C-018-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-018-01
Código de Cliente			ACHIRA
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			15/01/2020
Hora de Muestreo			10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		24 x 10 <sup>4</sup>

Código de Laboratorio			C-018-02
Código de Cliente			JACINTO
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			15/01/2020
Hora de Muestreo			10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		24 x 10 <sup>4</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de **Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.**  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \*Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.**  
**Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.**  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873  
 info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

Anexo 21: Resultados, en los humedales 1 y 2 a las 96 h para el parámetro de coliformes termotolerantes.




LABORATORIOS AMBIENTALES

**INFORME DE ENSAYO**

C-020-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-020-01
Código de Cliente			ACHIRA
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			16/01/2020
Hora de Muestreo			10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		49 x 10 <sup>3</sup>

Código de Laboratorio			C-020-02
Código de Cliente			JACINTO
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			16/01/2020
Hora de Muestreo			10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		70 x 10 <sup>3</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \*Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \*Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.  
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873  
 info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

Anexo 22: Resultados, en el humedal 3 a las 24 h para el parámetro de coliformes termotolerantes.




LABORATORIOS AMBIENTALES

**INFORME DE ENSAYO**  
C-022-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-022-01
Código de Cliente			ACHIRA
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			17/01/2020
Hora de Muestreo			10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		17 x 10 <sup>5</sup>

Código de Laboratorio			C-022-02
Código de Cliente			JACINTO
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			17/01/2020
Hora de Muestreo			10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		79 x 10 <sup>5</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de **Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.**  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \*Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.  
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873  
 info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

Anexo 23: Resultados, en el humedal 3 a las 48 h para el parámetro de coliformes termotolerantes




LABORATORIOS AMBIENTALES

**INFORME DE ENSAYO**

C-023-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio		C-023-01	
Código de Cliente		CONTINUO	
Item de Ensayo		Agua Residual Doméstica	
Fecha de Muestreo		18/01/2020	
Hora de Muestreo		10:00	
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		33 x 10 <sup>5</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.  
 \* Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \* Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.**  
**Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.**  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873  
 info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

Anexo 24: Resultados, en el humedal 3 a las 72 h para el parámetro de coliformes termotolerantes.




LABORATORIOS AMBIENTALES

**INFORME DE ENSAYO**

C-026-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio		C-026-01
Código de Cliente		CONTINUO
Item de Ensayo		Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo		19/01/2020
Hora de Muestreo		10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad
Coliformes Fecales	NMP/100mL	79 x 10 <sup>5</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.  
 \* Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \* Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.  
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873  
 info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

Anexo 25: Resultados en el humedal 3 a las 96 h para el parámetro de coliformes termotolerantes




LABORATORIOS AMBIENTALES

Registro N°LE -

**INFORME DE ENSAYO**  
C-024-A220-SITR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-024-01
Código de Cliente			CONTINUO
Item de Ensayo			Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo			19/01/2020
Hora de Muestreo			10:00
Parámetro	Símbolo	Unidad	
Coliformes Fecales	NMP/100mL		70 x 10 <sup>4</sup>




Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.  
 Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \* Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.  
 Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.  
 (51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873

Anexo 26: Resultados en los humedales 1 y 2 a las 24 h, 48 h, 72 h y 96 h respectivamente para los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, aceites y grasas, pH y temperatura.



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**Facultad de Educación**  
Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas  
**Laboratorio de Química Orgánica**



---

Reporte de Análisis Químico – Aguas Residuales de la Provincia de Chota

**SOLICITANTES:** Luz Yanina Santa Cruz Sánchez  
Sandra Isabel Tantaleán Revilla

**INVESTIGACIÓN:** “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PROVINCIA DE CHOTA APLICANDO HUMEDALES ARTIFICIALES CON *Eicchornia Crassipes* y *Canna edilus*”

**MUESTRA:** Entregada por las solicitantes

Fecha	12/01/20		13/01/20		14/01/20		15/01/20		16/01/20	
	Afluente	Achira	Jacinto	Achira	Jacinto	Achira	Jacinto	Achira	Jacinto	
pH	7,32	7,35	6,33	7,04	6,71	6,65	6,57	6,73	6,81	
Temperatura (°C)	20,8	21,3	21,3	19,3	19,6	24,4	24,2	23,3	23,2	
SST (mg/L)	317	164,4	149,6	76,2	314	34,8	50,0	1,8	6,95	
DQO (mg/L)	1472	992	1056	224	832	32,1	56,4	53,3	40.1	
DBO (mg/L)	648	416	660	400	599	147	212	130	249	
Aceites y grasas (mg/L)	277,6	105,4	24,9	10,6	10	3,2	0,6	0,6	0,6	

Atentamente




---

M.Sc. Juan Carlos Flores Cerna

Anexo 27: Resultados del humedal 3 con *Canna Edulis* y *Eichhornia Crassipes* después del tratamiento.



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**Facultad de Educación**  
Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas   
**Laboratorio de Química Orgánica**



---

Reporte de Análisis Químico – Aguas Residuales de la Provincia de Chota

**SOLICITANTES:** Luz Yanina Santa Cruz Sánchez  
Sandra Isabel Tantaleán Revilla

**INVESTIGACIÓN:** “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PROVINCIA DE CHOTA APLICANDO HUMEDALES ARTIFICIALES CON *Eichhornia Crassipes* y *Canna edilis*”

**MUESTRA:** Entregada por las solicitantes

Fecha	17/01/20	18/01/20	19/01/20	20/01/20	21/01/20
	Afluente	Achira + Jacinto	Achira + Jacinto	Achira + Jacinto	Achira + Jacinto
pH	8,63	7,35	7,02	6,78	7.31
Temperatura (°C)	23,9	20,0	23,1	23,1	26.1
SST (mg/L)	320	130.4	90,5	83.4	77.5
DQO (mg/L)	906.7	805	346	320	220
DBO (mg/L)	317	129	173	281	970
Aceites y grasas (mg/L)	101.6	74,4	30	15.8	12.4

Atentamente




---

M.Sc. Juan Carlos Flores Cerna







“Tratamiento de las aguas residuales en la provincia de Chota aplicando humedales artificiales con *Eicchornia Crassipes* y *Canna Edulis*” en el año 2020.

Anexo 31: Cadena custodia de los humedales 1 y 2 a las 96 h para el parámetro coliformes termotolerantes.

**CADENA DE CUSTODIA Y ORDEN DE TRABAJO PARA AGUAS**

**LABORATORIOS AMBIENTALES**

**INFORME DE ENSAYO**

CLIENTE: Santa Cruz Sanchez, Luz Yanina  
Tantaleán Revilla, Sandra Isabel

CONTACTO: Sandra Isabel Tantaleán Revilla  
TELÉFONO: 051 984 223 333  
E-MAIL: tantaleanrevilla@ncap.com

LABORATORIO: Santa Cruz Sanchez, Luz Yanina  
Tantaleán Revilla, Sandra Isabel

**DATOS DE ENTREGA DE MUESTRAS:**

ENTREGADO POR: Sandra Tantaleán Revilla  
FECHA: 16/04/2020  
HORA: 10:00 AM  
PUBA: Santa Cruz

**DATOS PARA FACTURACIÓN:**

RUC: 2010011236  
CONTACTO: Sandra Tantaleán Revilla  
TELÉFONO: 051 984 223 333  
E-MAIL: tantaleanrevilla@ncap.com

**DATOS DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:**

En buen estado   
Recipiente apropiado   
Dentro del tiempo de conservación   
Completamente preservadas

ITEM	CARGO DE MUESTRA	HORA	TIPO DE MUESTRA (T)	
			FECHA	MUESTRA
01	Artista	10:00	16/04/2020	Artista
02	Artista	10:00	16/04/2020	Artista

**TIPO DE ENVASES**

Plástico	Blanco	
Vidrio	Ambiar	
	Otros	
	Transparente	
	Ambiar	<input checked="" type="checkbox"/>
	Otros	

**CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:**

En buen estado   
Recipiente apropiado   
Dentro del tiempo de conservación   
Completamente preservadas

**COMENTARIOS:**

LABORATORIO DE QUÍMICA:  **LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA:**

**LABORATORIO DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS INAP. SHEL**

**LABORATORIO DE QUÍMICA**

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

CLIE

Anexo 32: Cadena custodia en el afluente y del humedal 3 a las 24 h para el parámetro coliformes termotolerantes.

**CADENA DE CUSTODIA Y ORDEN DE TRABAJO PARA AGUAS**

**LABORATORIOS AMBIENTALES NKAP**  
LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA

**DATOS PARA EL INFORME DE ENSAYO:**  
CLIENTE: Santa Cruz Sanchez, Luz Yanina  
DIRECCIÓN: Av. Bolívar 1030  
TELÉFONO: 051 93 111 111  
E-MAIL: nkap@upn.edu.pe

**DATOS PARA FACTURACIÓN:**  
RAZÓN SOCIAL: Santa Cruz Sanchez, Luz Yanina  
CONTACTO: Luz Yanina  
TELÉFONO: 051 93 111 111  
E-MAIL: nkap@upn.edu.pe

**DATOS DE ENTREGA DE MUESTRAS:**  
ENTREGADO POR: Santa Cruz Sanchez, Luz Yanina  
FECHA: 11/01/2020  
HORA (hh:mm): 10:00 AM  
FIRMA: [Firma]

**INFORME DE ENSAYO**  
C-001 A220 23 TR

**N° ORDEN DE TRABAJO:** C-022

**TIPO DE ENVASES:**  
Plástico:  Vidrio:

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	HORA	FECHA	TIPO DE MUESTRA (1)
1	A220	10:00	11/01/2020	A20
2	A220	11:00	11/01/2020	A20

**CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:**  
 °C de recepción: 14  
 En buen estado  
 Rotura de empaque  
 Deterioro del tiempo de conservación  
 Contaminación por personal

**LABORATORIO DE QUÍMICA**  
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

PARAMETROS QUÍMICOS	PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS Y/O BIOLÓGICOS
Verificación de preservación	Coliformes Totales
Coliformes	Coliformes Fecales
Amidones	Escherichia Coli
Carbón	Bacterias Helicobacter
Cloruros	Enterococos
Cloruros	Pseudomonas Aeruginosa
Cloruros	Salmonella
Cloruros	Virus
Cloruros	Organismos de Vida Libre
Cloruros	Hongo Mucorales
Cloruros	Fusarios
Cloruros	Virus Chikungunya
Cloruros	Salmonella
Cloruros	Pseudomonas Aeruginosa
Cloruros	Enterococos
Cloruros	Bacterias Helicobacter
Cloruros	Escherichia Coli
Cloruros	Coliformes Fecales
Cloruros	Coliformes Totales

**LABORATORIO DE QUÍMICA**  
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

**ADMINISTRACIÓN**  
LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS NKAP-SIS

**DATOS:**  
NOMBRE: Santa Cruz Sanchez, Luz Yanina  
FECHA: 11/01/2020  
HORA: 10:00 AM  
FIRMA: [Firma]

**SUPERVISIÓN**  
Revisar en la carta posterior la Tabla N°02. NIP 214.042.2012 Calidad del Agua - Clasificación de Motor Agua para Ensayos de Laboratorio  
Integridad de las muestras, cantidad suficiente, sello de seguridad, T° almacenado, etc.

Anexo 33: Cadena custodia de los humedales 3 a las 72 h para el parámetro coliformes termotolerantes.

**CADENA DE CUSTODIA Y ORDEN DE TRABAJO PARA AGUAS**

**LABORATORIOS AMBIENTALES**  
**INFORME DE ENSAYO**

**DATOS PARA EL INFORME DE ENSAYO:**  
 CLIENTE: Santa Cruz Sanchez, Luz Yanina  
 CONTACTO: Tantaleán Revilla, Sandra Isabel  
 TELEFONO: 051 981 331 339  
 E-MAIL: tantalean@upn.edu.pe

**DATOS PARA FACTURACIÓN:**  
 RUC: 20437116  
 CONTACTO: 051 981 331 339  
 TELEFONO: 051 981 331 339  
 E-MAIL: tantalean@upn.edu.pe

**DATOS DE ENTREGA DE MUESTRAS:**  
 ENTREGADO POR: [Firma]  
 FECHA: 19.01.2020  
 HORA: 10:00  
 FIRMA: [Firma]

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA**

ITEM	CODIGO DE MUESTRA	HORA	FECHA	TIPO DE MUESTRA	
				Físico	Químico
1	190103	10:00	19/01/20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:**  
 En buen estado   
 Recipiente apropiado   
 Dentro del tiempo de conservación   
 Conservación apropiada

**COMENTARIOS:**

**LABORATORIO DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS INAP S.R.L.**

**LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA**

**CLIENTE**

