



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL

“Remoción de nutrientes con *Eichhornia Crassipes* para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador en Ventanilla – Callao 2016”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTOR:

Fiorella Rocío Bravo Prado

ASESOR:

Mg. Ing. Elmer Gonzales Benites Alfaro

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN DE RIESGO Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

LIMA - PERÚ

2016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, ya que por intermedio de su hijo Jesucristo me ha demostrado su infinito amor al guiar mis pasos y permitir que se vayan cumpliendo mis metas.

A mi familia por su lucha incansable a lo largo de mi vida, por su apoyo incondicional en todo momento y por confiar siempre en mi realización tanto personal como profesional.

A mi amigo Jammy Luján por haberme ayudado y apoyado en el cumplimiento de mi objetivo y por sus palabras de ánimo.

A mis asesores por sus pautas y orientaciones en la realización de mi tesis.

Fiorella Rocío Bravo Prado

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por haberme demostrado que no hay obstáculo imposible de vencer y por haberme dado las fuerzas y herramientas para luchar por mis metas.

A mi familia en especial a mis padres y mis hermanos por su gran apoyo en todo momento y circunstancia. Gracias por todo.

A Mag. Ing. Elmer Gonzales Benites Alfaro y al Sr. Daniel Neciosup Gonzales por la asesoría brindada a lo largo de la realización de la tesis.

A Jammy Luján, por ser mi compañero de toda la vida, por ser un gran apoyo y pieza clave en la realización de este trabajo de investigación, gracias demostrarme que nada es imposible cuando deseamos alcanzar nuestras metas.

Al Sr. Portocarrero, cuidador del humedal, por la información y el apoyo brindado los que fueron necesarios en el cumplimiento de este mi objetivo.

Fiorella Rocío Bravo Prado

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Fiorella Rocío Bravo Prado con DNI N° 46181276, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 21 de diciembre del 2016


Fiorella Rocío Bravo Prado

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “REMOCIÓN DE NUTRIENTES CON *Eichhornia Crassipes* PARA REDUCIR LA EUTROFIZACIÓN EN EL HUMEDAL DEL PARQUE ECOLÓGICO MUNICIPAL LAGUNA EL MIRADOR EN VENTANILLA – CALLAO 2016”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Bravo Prado, Fiorella Rocío.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	18
1.1 Realidad Problemática.....	20
1.2 Trabajos Previos	21
1.3 Teorías Relacionadas al tema	30
1.3.1 Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” del Distrito de Ventanilla - Provincia Constitucional del Callao	30
1.3.1.1 Ubicación	30
1.3.1.2 Superficie.....	31
1.3.1.3 Clima.....	31
1.3.1.4 Edafología.....	31
1.3.1.5 Hidrología	31
1.3.1.6 Flora.....	33
1.3.1.7 Fauna.....	33
1.3.2 Humedales	34
1.3.2.1 La importancia de los humedales	35
1.3.3 La Eutrofización	35
1.3.4 La fitorremediación y sus ventajas	36
1.3.4.1 Tipos de Fitorremediación.....	37
1.3.5 Las Macrófitas	38
1.3.5.2 Hábitat de cultivo.....	39
1.3.5.3 Distribución geográfica	39
1.3.5.4 Parámetros de crecimiento.....	39
1.3.5.5 Métodos de control	40
1.3.6 Procesos activos de la vegetación en la etapa de depuración	41
1.3.7 Proceso de remoción de agentes Contaminantes (nutrientes).....	41

1.3.7.1	Nitrógeno en forma de nitratos.....	41
1.3.7.2	Fósforo	42
1.3.7.3	Oxígeno Disuelto	43
1.3.7.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno	44
1.3.7.5	Sólidos en suspensión	44
1.3.7.6	Potencial Hidrógeno	44
1.3.7.7	Temperatura	45
1.3.7.8	Materia orgánica.....	45
1.4	Formulación del problema	46
1.4.1	Problema General	46
1.4.2	Problemas Específicos	46
1.5	Justificación del estudio.....	46
1.6	Objetivos	47
1.6.1	Objetivo General	47
1.6.2	Objetivos Específicos	47
1.7	Hipótesis.....	47
1.7.1	Hipótesis General	47
1.7.2	Hipótesis Específicas.....	47
II.	MÉTODO	48
2.1	Metodología	48
2.2	Tipos de Estudio	48
2.3	Diseño de investigación	49
2.4	Desarrollo de la metodología de la investigación.....	49
2.4.1	Selección del lugar a investigar	49
2.4.1.1	Establecimiento de los puntos de monitoreo	50
2.4.1.2	Codificación del punto de muestreo	51
2.4.1.3	Parámetros para evaluar en el monitoreo de calidad	51
2.4.1.4	Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección	52
2.4.2	Toma de una muestra Pretest.....	53
2.4.2.1	Protocolo para el muestreo de agua en el humedal	54
A.	Reconocimiento del entorno	54
B.	Rotulado y etiquetado.....	54
C.	Georreferenciación del punto de monitoreo	54
D.	Medición de los parámetros en campo	54
E.	Procedimiento para la toma de muestra.....	54
F.	Llenado de la cadena de custodia	55
G.	Conservación y transporte de las muestras	55
2.4.3	Análisis de las muestras en el laboratorio:.....	55

2.4.3.1	Parámetros que se analizaron en el laboratorio	56
2.4.3.2	Procedimiento del análisis de agua según CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias de Ambiente	56
A.	Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH).....	56
B.	Análisis de Oxígeno Disuelto	58
C.	Análisis de Sólidos Totales.....	60
D.	Análisis de Demanda Bioquímica de oxígeno	61
E.	Análisis de Fosfatos.....	63
F.	Análisis de Nitratos (4500- NO ₃ ⁻ B Ultravioleta Selectivo).....	67
2.4.4	Selección y recolección de la especie <i>Eichhornia crassipes</i>	70
2.4.5	Siembra de la <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de Agua)	72
2.4.6	Crecimiento y Desarrollo de la <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de Agua).....	72
2.5	Variables, Operacionalización	73
2.5.1	Variable Independiente	73
2.5.2	Variable dependiente	73
2.5.3	Operacionalización de variables	73
2.6	Población y muestra.....	74
2.6.1	Población	74
2.6.2	Muestra	74
2.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	74
2.8	Métodos de Análisis de datos.....	75
2.8.1	Determinación eficiencia de remoción de los agentes contaminantes	75
2.8.2	Determinación de la eficiencia del oxígeno disuelto a partir del porcentaje de saturación.....	75
2.8.3	Determinación de los niveles de los agentes contaminantes	76
III.	RESULTADOS	77
3.1.1.1	Nitratos.....	77
3.1.1.2	Fósforo Total	80
3.1.1.3	Oxígeno Disuelto	83
3.1.1.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno	87
3.1.1.5	Sólidos Suspendidos Totales	90
IV.	DISCUSIÓN.....	93
V.	CONCLUSIONES	96
VI.	RECOMENDACIONES.....	97
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
VIII.	ANEXOS	103
	Anexo I: Matriz de Consistencia.....	103
	Anexo II: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua	104

Anexo III: Análisis (Pretest) de parámetros para determinar la calidad de agua del humedal	105
Anexo IV: Análisis (después de la siembra) de parámetros para determinar la calidad de agua del humedal	106
Anexo V: Análisis (a escala laboratorio) de parámetros para determinar la calidad de agua del humedal	107
Anexo VI: 100 % Capacidad de Oxígeno Disuelto (mg/L)	108
Anexo VII: Validación de instrumentos	109
Anexo VIII: Registro de Datos de Campo	110
Anexo IX: Etiqueta para Muestra de Agua	111
Anexo X: Cadena de Custodia	112
Anexo XI: Ficha de Identificación del punto de monitoreo	113
Anexo XII: Conservación y Preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado	114
Anexo XIII: Acta de aprobación de originalidad de tesis	117
Anexo XIV: Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV	118
Anexo XV: Autorización de la versión final del trabajo de investigación	119
Anexo XVI: Pantallazo del resultado del TURNITIN	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Puntos de muestreo en los humedales de Ventanilla	22
Tabla N°2: Resultados del análisis de agua del humedal de Ventanilla	22
Tabla N°3: Resultados de análisis del agua domésticas	24
Tabla N°4: Resultados del análisis del agua de los Pantanos de Villas - Chorrillos	25
Tabla N°5: Resultados de los parámetros fisicoquímicos con el <i>E. Crassipes</i> en un sistema continuo	25
Tabla N°6: Remoción de contaminantes por macrófitas	26
Tabla N°7: Eficiencias de remoción de contaminantes en sistemas con macrófitas.....	27
Tabla N°8: Estrategias de la fitorremediación y contaminantes que tratan	37
Tabla N°9: Tipos de controles para el manejo del Jacinto de Agua	40
Tabla N°10: Parámetros que se evalúan en la categoría 4	52
Tabla N°11: Lista de materiales que se utilizaron en campo	52
Tabla N°12: Resultados del análisis de Potencial de Hidrógeno (pH)	57
Tabla N°13: Resultados del análisis de Oxígeno Disuelto	59
Tabla N°14: Resultados del análisis de Sólidos Totales	60
Tabla N°15: Resultados del análisis de Demanda Bioquímica de oxígeno	62
Tabla N°16: Composición de la solución reactivo	64
Tabla N°17: Curva de calibración para fosfato	65
Tabla N°18: Resultado de la curva de calibración para fosfato	65
Tabla N°19: Resultados del análisis de fosfatos	67
Tabla N°20: Curva de calibración para nitratos	68
Tabla N°21: Resultado de la curva de calibración para nitratos	68
Tabla N°22: Resultados del análisis de nitratos	70
Tabla N°23: Operacionalización de variables	73
Tabla N°24: Técnicas e instrumentos de datos	74
Tabla N°25: Porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto	76
Tabla N°26: Registro de datos para OD (a la misma temperatura y presión del aire).....	76
Tabla N°27: Resultados del análisis de Nitratos	78
Tabla N°28: Resultados del análisis de Sólidos Suspendidos Totales	80
Tabla N°29: Resultados del análisis de Oxígeno Disuelto	83
Tabla N°30: Resultados del análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	87
Tabla N°31: Resultados del análisis de Sólidos Suspendidos Totales	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Ubicación del Humedal Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador”	30
Figura N°2: Mapa hidrológico de los humedales de ventanilla	32
Figura N°3: Especies más predominantes, el Salicornial y el Juncal.....	33
Figura N°4: Especie Garza Blanca Pequeña (<i>Egretta thula</i>).....	34
Figura N°5: Vista Lateral del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao.....	35
Figura N°6: Estrategias de fitorremediación a nivel de la estructura vegetal	37
Figura N°7: La especie el Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>), camalote o lechugín	38
Figura N°8: Diseño de la investigación en el humedal (condiciones actuales)	49
Figura N°9: Vista panorámica de la zona de investigación el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao	50
Figura N°10: Presencia de residuos sólidos en el humedal	50
Figura N°11: Vista Satelital de los puntos de muestro en el Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla- Callao	51
Figura N°12: Toma de la muestra pre-test en los puntos de muestreo del humedal	53
Figura N°13: Las 12 muestras rotuladas en el laboratorio	55
Figura N°14: Medición del pH con el multiparámetro	56
Figura N°15: Escala del Potencial de Hidrógeno (pH)	57
Figura N°16: Adición del sulfato manganeso y el álcali ioduro nitruro	58
Figura N°17: Adición del Almidón	59
Figura N°18: Nutrientes para preparar la solución	61
Figura N°19: Preparado y llenado de frascos para la incubación	62
Figura N°20: Las 12 muestras filtradas en fiolas	64
Figura N°21: El Espectrofotómetro UV.....	66
Figura N°22: Las 12 muestras el fiolas de 50ml	69
Figura N°23: Utilización del Espectrofotómetro UV	69
Figura N°24: Ubicación del humedal donde se extrajo la especie.....	70
Figura N°25: Humedal con las especies introducidas	71
Figura N°26: Selección y recolección de la <i>Eichhornia crassipes</i> en ventanilla	71
Figura N°27: Sembrado de la <i>Eichhornia crassipes</i> en el humedal	72
Figura N°28: Niveles de Nitratos (NO ₃) en cada punto de muestreo	78
Figura N°29: Porcentaje de eficiencia de Nitratos (NO ₃)	79
Figura N°30: Niveles de Fósforo Total en cada punto de muestreo	81
Figura N°31: Porcentaje de eficiencia de Fósforo Total	82

Figura N°32: Niveles de Oxígeno Disuelto en cada punto de muestreo	84
Figura N°33: Porcentaje de eficiencia de Oxígeno Disuelto	86
Figura N°34: Niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno en cada punto de muestreo	88
Figura N°35: Porcentaje de eficiencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	89
Figura N°36: Niveles de Sólidos Suspendidos Totales en cada punto de muestreo	91
Figura N°37: Porcentaje de eficiencia de Sólidos Suspendidos Totales	92

RESUMEN

La presente investigación detalla la situación actual del humedal Parque Ecológico El Mirador en Ventanilla, Callao; en el cual se busca dar solución al problema de la eutrofización; ya que estas aguas superficiales poseen exceso de nutrientes (nitratos y fosfatos); los cuales contribuyen al crecimiento excesivo de las plantas y al consumo de oxígeno; también se tiene por objetivo evaluar la eficiencia de (*Eichhornia Crassipes*) en sus parámetros físico-químicos (SST, DBO, OD, pH, Nitratos y Fosfatos) en la reducción de la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador de Ventanilla, con el fin de comparar con los ECA y para recomendar su posterior aplicación como tratamiento de aguas contaminadas.

Se realizó un análisis de agua (pre test) antes de la siembra para conocer los niveles de cada agente contaminante (SST, DBO, OD, pH, Nitratos y Fosfatos), el desarrollo de la experimentación se efectuó en dos condiciones; la primera fue in situ (Humedal Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador de Ventanilla) introduciendo a la especie (*Eichhornia Crassipes*) en 4 puntos (punto 1: 11° 52.343' S Latitud, 77° 8.309' O Longitud; punto 2: 11° 52.318' S Latitud, 77° 8.335' O Longitud punto 3: 11° 52.296' S Latitud, 77° 8.337' O Longitud; punto 4: 11° 52.278' S Latitud, 77° 8.329' O Longitud) en el mes de septiembre del año 2016 por un periodo de 2 semanas; y se procedió a su respectivo análisis después de la siembra en campo (2); y la segunda condición fue a escala laboratorio el cual consistió en recrear un sistema de tratamiento con esta misma especie por el periodo de 1 semana; en el cual también se realizó el análisis de agua a escala laboratorio(3); con el fin de comparar y medir la capacidad de remoción (eficiencia) de la especie, en diferentes condiciones: en campo (2) y a escala laboratorio(3).

Se contrastaron los promedios de los resultados iniciales (análisis pre test: Nitratos (2.81 mg/L), Fosfatos (0.426 mg/L), OD (2.55 mg/L), DBO(29.53 mg/L), SST(109.83 mg/L) y pH (8.661) con los finales (análisis 2 ó 3); para poder compararlos y así determinar la eficiencia de la (*Eichhornia Crassipes*) en la remoción de nutrientes para la reducción de la eutrofización; teniendo como resultado un rango de eficiencia de depuración: Nitratos (32.02% a 64.32%) y Fosfatos (39.20% a 77.57%), OD (45.89% a 68.10%), DBO (25.33%

a 90.92%) y SST (64.72% a 86.04%), en el cual podemos apreciar que a escala laboratorio se da el mayor rendimiento por tener mejores condiciones para el desarrollo de la *Eichhornia Crassipes*.

En cuanto a la comparando los resultados con las ECAS - estándares nacionales de calidad ambiental para agua en su categoría 4 “conservación del ambiente acuático” se determinó que en los nutrientes hubo una reducción significativa de los niveles de contaminación, pero solo en el caso de los fosfatos no se logró establecer por debajo de los estándares; en cuanto a la determinación de los niveles agentes contaminantes. en todos se logró reducir significativamente el nivel contaminación y estar por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua en su categoría 4 “conservación del ambiente acuático”.

En conclusión la aplicación de esta especie (*Eichhornia Crassipes*) para el tratamiento de aguas contaminadas o eutrofizadas; según sea las condiciones en que se desarrollan tienen altos niveles de eficiencia; las cuales han quedado demostradas en esta investigación; ya que la especie absorbe el exceso nutrientes y se vio reflejado en los análisis 2 y 3; ya que hubieron reducciones significativas, por su acción depuradora (las raíces retienen metales pesados como cadmio, mercurio); y a la vez otorga el oxígeno necesario al agua.

Se logró validar las hipótesis mencionadas demostrando así que la *Eichhornia Crassipes* pudo reducir la eutrofización y mejorar las condiciones en el humedal, se puede decir entonces que se puede remediar aguas contaminadas con la *Eichhornia Crassipes*, siendo esta una alternativa de solución muy eficiente, además de ser económica y ambientalmente seguro, cabe resaltar la importancia de este estudio para contribuir con la conservación, tratamiento de aguas y cuidado de los humedales por ser cuna de la biodiversidad y ser parte del ciclo hidrológico del agua.

PALABRAS CLAVE: Humedal, Fitoremediación, eficiencia, eficacia, Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*)

ABSTRACT

The present investigation details the current situation of the wetland El Mirador Ecological Park in Ventanilla, Callao; Which seeks to solve the problem of eutrophication; Since these surface waters possess excess nutrients (nitrates and phosphates); Which contribute to excessive plant growth and oxygen consumption; (*Eichhornia Crassipes*) in its physical-chemical parameters (SST, BOD, OD, pH, Nitrate and Phosphates) and its efficacy in reducing eutrophication in the wetland of the Laguna Ecológico Municipal El Mirador de Ventanilla, in order to compare with the RCTs and to recommend their subsequent application as treatment of contaminated water.

A pre-sowing test was performed before sowing to determine the levels of each pollutant parameter (SST, BOD, OD, pH, Nitrate and Phosphates). The experiment was carried out in situ (Humedal Municipal Ecological Park Laguna El Mirador de Ventanilla) by introducing the species (*Eichhornia Crassipes*) in 4 points (point 1: 11 ° 52.343 'S Latitude, 77 ° 8.309' O Longitude: point 2: 11 ° 52.318 'S Latitude, 77 ° 8.335' W Longitude, point 4: 11 ° 52.278 'S Latitude, 77 ° 8.329' O Longitude) in the month of September of the year 2016 for a period of 2 weeks; And their respective analysis was carried out after sowing in the field (2); And in turn a treatment system with the same species was carried out on a laboratory scale for the period of 1 week; In which laboratory analysis of water was also performed (3); In order to compare and measure the species' efficiency and effectiveness in different conditions: in the field (2) and in the laboratory (3).

The mean of the initial results (pre-test analyzes: Nitrates (2.81 mg / L), Phosphates (0.426 mg / L), OD (2.55 mg / L), BOD (29.53 mg / L), SST L) and pH (8,661) with the ends (analyzes 2 or 3), to be able to compare them and thus to determine the efficiency of the *Eichhornia Crassipes* in the removal of nutrients for the reduction of eutrophication, resulting in a range of efficiency (64.22% to 86.04%), Nitrates (32.02% to 64.32%) and Phosphates (39.20% to 77.57%), OD (45.89% to 68.10%), BOD (25.33% to 90.92%) and SST Which we can appreciate that the laboratory scale gives the highest yield for having better conditions for the development of the *Eichhornia Crassipes*.

Regarding the comparison of the results with ECAS - national environmental quality standards for water in category 4 "conservation of the aquatic environment", it was determined that there was a significant reduction in contamination levels in the nutrients, but only in the case of Phosphates failed to establish below standards; In terms of the determination of levels of pollutants. All achieved a significant reduction in the pollution level and be below the national environmental quality standards for water in its category 4 "conservation of the aquatic environment".

In conclusion the application of this species (*Eichhornia Crassipes*) for the treatment of contaminated or eutrophic water; Depending on whether the conditions in which they are developed have high levels of efficiency; Which have been demonstrated in this research; As the species absorbed the excess nutrients and was reflected in analyzes 2 and 3; Since there were significant reductions due to their purification action (the roots retain heavy metals such as cadmium, mercury); And at the same time gives the necessary oxygen to the water.

It was possible to validate the above mentioned hypotheses demonstrating that the *Eichhornia Crassipes* could reduce eutrophication and improve the conditions in the wetland, it can be said that water contaminated with *Eichhornia Crassipes* can be remedied, being this a very efficient and effective solution alternative, In addition to being economically and environmentally safe, it is important to highlight the importance of this study to contribute to the conservation, water treatment and care of wetlands as the cradle of biodiversity and to be part of the hydrological cycle of water.

KEYWORDS: Wetland, Phytoremediation, Efficiency, Efficacy, Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*)

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que se observa en el humedal del Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador del distrito de Ventanilla, es la acumulación de residuos sólidos y la infiltración de aguas negras proveniente de las viviendas aledañas; esta acumulación de elementos que contiene un exceso de nutrientes (Nitratos y fosfatos, entre otros) da lugar a una serie de cambios físicos, químicos y biológicos indeseables en la laguna, como es el crecimiento y envejecimiento acelerado de las algas cubriendo la superficie total, lo cual no permite el paso de la luz solar para que las otras plantas realicen la fotosíntesis, por ello se consume del oxígeno del agua y se emite de gases por la descomposición de estas, aumentando la temperatura del agua, causando la muerte de los seres vivos que habitan en él, por ende acabando con este ecosistema. A todo esto, se le conoce como eutrofización según Reques (2003), el cual es causada por la contaminación del lugar, que si no se detiene tiende acabar con los ecosistemas; es por ello la importancia de encontrar una alternativa a de solución que sea capaz de remover estos nutrientes con eficacia, sin alterar el ecosistema para reducir la eutrofización del humedal.

La Fitorremediación con la especie (*Eichhornia crassipes*) es una tecnología sustentable, eficiente y muy económica para todo tratamiento de acumulación de nutrientes en el agua, ya que posee gran capacidad de remoción de agentes contaminantes en corto tiempo; esto se debe a que ayudan en los procesos de sedimentación, absorción y remoción de materia orgánica suspendida, además de tener la capacidad de reproducirse rápidamente; según García (2012). Es una de las especies con más rápido crecimiento y debido a esta capacidad pueden doblar su número en dos semanas. En este sentido, la aplicación de esta especie para la remoción de nutrientes en el humedal del Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador en el distrito de Ventanilla; es la mejor alternativa viable, ya que esto permitirá que la especie asimile y reduzca estos elementos (nutrientes), metales y patógenos en corto tiempo y haciendo la adecuada aplicación de la especie sin alterar este ecosistema.

Esta tesis de investigación tiene como objetivo primordial remover los nutrientes (fósforo total y nitratos) en el humedal y determinar la eficiencia que posee la *Eichhornia Crassipes* para remover los nutrientes y agentes contaminantes a fin de reducir la

eutrofización; para el desarrollo de la experimentación se evaluó esta eficiencia en dos condiciones: la primera fue in situ introduciendo a la especie (*Eichhornia Crassipes*) al humedal y la segunda condición es a escala laboratorio; el cual consistió en recrear un sistema de tratamiento con esta misma especie, con el fin de comparar y saber en qué condición es más efectiva la *Eichhornia Crassipes*.

En el Primer Capítulo se mencionan algunos conceptos necesarios la comprensión de los objetivos establecidos, a lo largo de esta investigación se hace mención en primer lugar a los antecedentes del lugar de estudio, en segundo lugar se menciona las características y condiciones del lugar de estudio, la descripción e importancia de la planta acuática (*Eichhornia Crassipes*), en tercer lugar se describen a los nutrientes y agentes contaminantes, en cuanto lugar se detalla el marco legal y en quinto lugar se justifica el estudios y determinan los objetivos e hipótesis.

En el Segundo Capítulo se detalla el desarrollo de la metodología, el tipo de estudio y diseño de la investigación, en donde se detalla todo el protocolo para el muestreo de aguas y el procedimiento de análisis de cada agente contaminante; también la operacionalización de variables, población y muestra, y el método de análisis aplicado.

En el Tercer Capítulo se muestran todos los resultados obtenidos de los nutrientes y agentes contaminantes en las dos condiciones, comprándolo con la *ECA - Estándares nacionales de Calidad Ambiental para agua* y determinado su eficiencia mediante tablas y gráficas con su respectiva interpretación.

En el Cuarto Capítulo se detalla la discusión de los resultados en las dos condiciones para evaluar la eficacia de la *Eichhornia Crassipes*.

Finalmente, en el último capítulo se señala las conclusiones y recomendaciones.

1.1 Realidad Problemática

En la actualidad debido al crecimiento demográfico y las actividades antropogénicas no controladas, conllevan al colapso y degeneración del ecosistema, uno de los principales impactos ambientales que se generan, es la contaminación del agua, el agua es un recurso renovable y vital para el desarrollo de los seres vivos, por lo tanto, se debe proteger este recurso (Jaramillo y Flores, 2012, p.1).

El Perú es considerado el 5° país con mayor extensión de humedales y 1° a nivel Latinoamérica con la mayor extensión de humedales protegidos (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 12). Los humedales son superficies extensas de aguas, ya sea producto de las extensiones marinas, pantanos, de agua dulce o salada y cuya profundidad no debe ser mayor a 6 metros; y estos ecosistemas tienen muchos beneficios, ya que tienen la capacidad de adaptarse a las condiciones muy dinámicas, esto será determinante para el desarrollo de las comunidades que lo habitan, por el avance del cambio climático; y el Perú se encuentra inscrito a la Convención de Ramsar, el cual tiene la misión de conservar y utilizar racionalmente los humedales mediante actividades con intervención del estado a fin de conseguir desarrollo sostenible (Secretaría de la convención RAMSAR, 2006, p. 7 y 9).

El humedal del Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador de Ventanilla, se encuentra ubicado a la margen derecha de la Av. La Playa rumbo al balneario Costa Azul en Ventanilla (coord., Latitud 11° 52.343' S y Longitud 77° 8.309' O); Este ecosistema está bajo la jurisdicción de la Municipalidad de Ventanilla desde el 30 de diciembre de 1993, mediante el Acuerdo de Consejo N°058-93/MDV-AL, en la que se declaró Reserva Natural Intangible de carácter local y forma parte de todo un conjunto de humedales turísticos que se encuentran dentro del área de conservación regional de Ventanilla, pero pese a los esfuerzos de la ONG CEGMA en realizar actividades de concientización, educación a la población y limpieza de la zona (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 23), se puede observar que se encuentra en condiciones de abandono, ya que dentro del humedal se hallan puntos críticos de acumulación de basura, filtración de aguas servidas por la falta de servicios básicos, entre otros factores que podrían conllevar a la eutrofización del humedal.

La eutrofización de un humedal se entiende como la contaminación del agua por un exceso de nutrientes como nitratos y fosfatos presentes en el agua, esta condición dificulta el desarrollo de los seres vivos y lo conlleva a la desaparición del humedal, esto inicia con el crecimiento acelerado de las algas por el exceso de nutrientes, que consumen todo el oxígeno del agua descomponiéndose y muriendo junto con otros organismos que lo habitaban, liberando gases y aumentando la temperatura acabando con el ecosistema (Reques, 2003.p.174 y 175).

Una alternativa de solución para detener este proceso sería la aplicación de directa de plantas llamadas macrófitas al humedal, estas reducen las concentraciones de algunos contaminantes por la capacidad de absorción que estas tienen; a esto se le conoce como fitorremediación (Núñez [Et ál.], 2004.p.64).

Es por este motivo de vital importancia realizar esta investigación para determinar las causas de la contaminación y definir acciones inmediatas para reducir el impacto que se genera en el humedal, con la participación de las autoridades competentes y los vecinos de la zona realizar campañas de limpieza y programas de educación para contribuir a la conservación de los ecosistemas (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 24).

1.2 Trabajos Previos

Según el Gobierno regional del Callao (2009 – 2014) en su investigación titulado *“Plan maestro del área de conservación regional de humedales de ventanilla 2009 – 2014”* desarrolla como parte de la investigación el análisis de la calidad del agua en las zonas adyacentes a los Humedales de Ventanilla para conocer el nivel de contaminación, en donde se concluyó que la calidad del agua es de tipo III (agua para riego), por el alto contenido de sales, ya que estos humedales son extensiones del agua proveniente del mar y de los silos de zonas urbanas; los humedales actúan como un filtro natural, logrando disminuir la carga de coliformes totales, fecales y otros parámetros fisicoquímicos, es así que el ecosistema mantiene su equilibrio; también identifica otras amenazas críticas las cuales son: la invasión urbana, los residuos sólidos y desmontes que se agregan a los humedales.

Los resultados de los análisis de agua se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla N°1: Puntos de muestreo en los humedales de Ventanilla

N°	PUNTO DONDE SE TOMÓ LA MUESTRA	COORDENADAS (geográficas)		ALTITUD (msnm)	OBSERVACIONES
		Latitud (sur)	Longitud (este)		
M-1	Filtro Agua	11°52.51092'	077°08.51894	13.3	Manante de agua
M-2	Valle Verde	11°52.66628'	077°08.58960'	17.4	Invasión
M-3	Pisciplaya	11°52.58439'	077°08.68410'	16.2	Uso público
M-4	Cañaveral	11°52.81815'	077°08.41062	15.5	Cerca de cantera
M-5	Colegio	11°52.40838'	077°08.52985'	17.4	Héroes del Pacífico
M-6	Canal Cerco	11°52.41246'	077°08.51019	14.1	AAHH Defensores de la Patria
M-7	Boulevard Costa Azul	11°52.45630'	077°09.27249	17.4	Zona norte
M-8	Playa Costa Azul	11°52.65318'	077°09.20958'	16.9	Zona sur

(*) Elaboración propia, SPDE.

Fuente: Plan maestro de los humedales de ventanilla 2009- 2014

Tabla N°2: Resultados del análisis de agua del humedal de Ventanilla

Característica	Unidad	Muestras								
		N° de Campo	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8
pH			7.60	8.06	8.23	8.45	8.07	8.10	8.00	8.40
T°C			21.60	22.90	21.20	21.90	22.30	21.40	20.20	19.20
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /L		3.20	4.60	6.00	5.30	9.70	9.90	4.20	5.00
Turbidez	NTU		12.00	4.00	3.00	11.00	1.00	7.00	30.00	29.00
Nitrógeno Total	ppm		2.49	2.97	11.03	4.62	3.02	3.39	3.63	3.78
Coliformes totales	NMP/100mL	11 x 10 ²	70 x 10	14 x 10	17	13 x 10 ³	24 x 10	2	6.8	
Coliformes fecales	NMP/100mL	49	46 x 10	79	< 1.8	79 x 10 ²	23 x 10	< 1.8	< 1.8	

Fuente: Plan maestro de los humedales de ventanilla 2009- 2014

En la Tabla N° 2 se puede observar los valores del Oxígeno disuelto y del Nitrógeno están en aumento; comparando los *Estándares de Calidad ambiental para Agua en la Categoría IV, E1: Lagunas y lagos (D.S. N° 015-2015-MINAM)*; el cual para OD ≥ 5.00 mg O₂/L y Nitrógeno total 0.315 mg/L o ppm; por lo tanto se puede decir que la mayoría de los valores se encuentran superando los límites establecidos.

Según Delgadillo [Et ál.] (2011) en su investigación titulado *“Fitorremediación: Una alternativa para eliminarla contaminación”* sostiene que la aplicación de las plantas macrófitas para eliminar a los contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el agua son muy costo efectiva, ya que muchas especies tienen la capacidad de metabolizar, acumular y estabilizar a ciertos contaminantes, actualmente existe la tecnología aplicada para este tipo de remediación pero son muy costosas, es por ello que se busca tecnologías

sean ambientalmente amigables, que puedan aplicarse a gran escala y que contrarreste cualquier contaminante.

Según Meerhoff y Mazzeo (2004), en su investigación titulada *“Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de los Lagos Someros de Sudamérica”* planteó la importancia que tienen las plantas sumergidas, ya que cumplen un papel fundamental en la recuperación de ecosistemas contaminados, estas especies no solo reducen la carga acumulada, sino que también pueden afectar a las especies nativas por su fácil desarrollo, además que considera al cambio climático un serio problema porque genera condiciones óptimas para su propagación, es por ello que recomienda tener un correcto manejo y control al introducir nuevas especies a un ecosistema que interactúa con muchos seres vivos en particular con los peces y aves; ya que actualidad no hay mucha información sobre los efectos hacia estas comunidades.

Agudelo, Macias y Suárez (2005) en su publicación sobre la *“Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos”* sostiene que la aplicación de las plantas remover metales pesados de los residuos provenientes de las plantas de tratamientos de agua son alternativas eficaces y rentables, ya que al no contener los biosólidos metales pesados se pueden utilizar como fertilizantes por ser ricos en nutrientes, logrando de esta manera de reducir la contaminación del suelo y del agua, siendo una buena manera optimizar los recursos naturales.

Andrade (2015) en su tesis titulado *“Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Eichhornia Crassipes Mart (Jacinto de agua), Pistia stratiotes L. (Lechuga de agua) en el tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Parroquia Unión Milagreña del cantón joya de los Sacha, Provincia de Orellana”* sostiene que la construcción y diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales y aplicación la fitorremediación con la *Eichhornia Crassipes Mart (Jacinto de agua), Pistia stratiotes L. (Lechuga de agua)* reducen significativamente los índices de contaminación en las aguas residuales provenientes de la Parroquia Unión Milagreña; ya que por su diseño los tanques cuentan rejillas y trampas de grasas para retener los sedimentos de gran tamaño, haciéndolo propicio para el desarrollo de ambas especies las cuales tienen la capacidad de captar y metabolizar los ciertos contaminantes, logrando así

descontaminar las aguas residuales domésticas que son utilizadas para la agricultura y Piscicultura en la zona.

Tabla N°3: Resultados de análisis del agua domésticas

Parámetros	expresados	unidad	Resultado del análisis inicial del agua	Límite máximo permisible (TULSMA)	<i>Eichhornia Crassipes Mart</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Temperatura	T	°C	27		25.4	25.4
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6	5 -9	7.7	7.7
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	0.74	0.74	4	4
Solidos Totales	ST	mg/l	825.86	1600	396.00	330.20
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	381.41	200	96.16	67.90
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO5	mg/l	124	100	31	22
Fósforo	PO4	mg/l	12.85	10	2.72	1.92
Nitritos	NO2	mg/l	0.06	10	<1.10	5.86
Nitratos	NO3	mg/l	0.08	10	1.7	16
Coliformes Totales	NMP/100	col/100ml	84X10 ⁶	10000	1.3X10 ⁶	1.2X10 ⁶
Coliformes Fecales	NMP/101	col/100ml	42X10 ⁵	10000	1.2X10 ⁵	1.1X10 ⁵

Fuente: Andrade (2015)

Según Ayuni (2012) en su tesis titulada “Fitorremediación para la reducción de la Eutrofización en la Laguna del área natural Protegida Pantanos de Villa, Chorrillos” sostiene que el Jacinto de agua reduce los contaminantes presentes en los cuerpos receptores debido a que esta especie tiene un efecto regulador, ya que posee la capacidad de adsorber ciertos compuestos que generan la eutrofización de las aguas de la Laguna de los Pantanos de Villa en Chorrillos la cuales en ese momento tenían altas concentraciones de DBO y de OD ya que por esas épocas del año se registraron mayor actividad en ciertas zonas, esto según los resultados del análisis al agua del humedal; se realizó el sembrado del Jacinto de agua por un periodo de 4 semanas y se pudo observar la disminución en el crecimiento de las algas, el aumento del oxígeno y aparición de los peces, por lo tanto se mejoró la calidad de este recurso como se puede apreciar en la Tabla N° 4.

Tabla N°4: Resultados del análisis del agua de los Pantanos de Villa - Chorrillos

Parámetros	Método	Puntos de muestreo				ECA (agua)
		PHV-090922-1 Entrada	PHV-090922-2 Orilla	PHV-090922-3 Salida	PHV-090922-4 Centro	
Temperatura (C°)	EPA 170.1	27	25	22	22	-
pH	EPA 150.0	8.79	7.93	7.05	7.30	6.5 - 8.5
Conductividad (uS/cm)	EPA 120.1	7050	5910	6410	7540	-
Oxígeno Disuelto (mg/L)	EPA 160.1	3.0	4.3	6.3	6.7	>5 mg/L
Fosfatos (mg/L)	EPA 300.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4 mg/L
Nitrato como Nitrógeno (mg/L)	EPA 300.1	1.5	1.2	<0.1	0.4	<0.02 mg/L
DBO (mg/L)	SM 5210B	16	18	9	5	<5 mg/L

Fuente: Ayuni (2012)

García (2012) en su tesis titulada “Comparación y Evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas” sostiene que al comparar de la eficiencia de 3 especies, las cuales son capaces de remover el exceso de nutrientes del agua, logró determinar que la *Lemna Minor* (*Lenteja de agua*) puede remover de un 50% a 100%, *Eichhornia Crassipes* (*Jacinto de agua*) de un 52% a 86% y la *Azolla filiculoides* de un 30% a 57% en un periodo de 5 días; demostrando así la eficiencia de cada una de estas especies, ya que no necesitan mucho tiempo para absorber y remover los nutrientes de las aguas residuales domésticas; pero esto dependerá de varios factores como: la concentración de los nutrientes, la temporada, la temperatura, la cantidad de las especies, la cantidad de agua residual, etc.

Tabla N°5: Resultados de los parámetros fisicoquímicos con el *E. Crassipes* en un sistema continuo

E.Crassipes	pH	Temp °C	Conduct.	P mg/l	PO ₄ mg/l	NH ₃ -N mg/l	Turbiedad	OD mg/l
Afluyente	8.13	20.31	583.30	4.40	13.46	7.00	259.97	4.17
1er Efluente	7.71	20.35	495.42	2.66	8.15	1.17	195.35	5.77
2do Efluente	7.63	20.01	484.23	2.12	6.46	1.00	230.03	4.61

Fuente: García (2012).

Según Velasco, Martínez y León (2015), en su estudio sobre “*eficiencia de dos plantas acuáticas (Eichornia Crassipes y Pistia stratiotes) para el tratamiento de agua residual*”, se observó una disminución en todos los parámetros al evaluar en ambos lirios; Sin embargo, la macrófita *Eichornia Crassipes* obtuvo mejores resultados como en la conductividad de 2700 bajo a 616 μ s, en el pH 10 disminuyó a 7.2 OD de 10.8 a 4.2 mg/ml, la turbidez de 45 a 1.4 NTU, la dureza de 650 a 80 mg/l y el nitratos de 5.3 a 0 mg/l. Estudios realizados comprueban que la dureza es reducida por el efecto de la fotosíntesis de la planta, ya que el Mg es integrante de la clorofila.

Rodríguez y Díaz (1995), en su investigación “*Acción Depuradora de algunas Plantas Acuáticas sobre las Aguas Residuales*” se determinó la eficiencia de cinco especies de plantas acuáticas (*Jacinto de agua, Pistia, Salvinia, Lemna, y Azolla*) sobre la remoción de contaminantes en las aguas residuales, quedando demostrado que todas la especies tienen alto rendimiento, pero en el caso del Jacinto resultó ser más eficiente, ya que en tan solo un día de aplicación pudo remover hasta un 70% en DBO con carga orgánica de 510 kg/m², como se observa en la tabla N° 5, donde A es afluente y E es efluente.

Tabla N°6: Remoción de contaminantes por macrofitas

Planta	Tiempo de retención (Días)	Carga orgánica (Kg DBO/ Ha.d)	DBO (mg/L)		Nitrógeno total (mg/L)		Fósforo total (mg/L)		Sólidos suspendidos totales (mg/L)	
			A	E	A	E	A	E	A	E
Salvinia	4	97	94	22	29	13	0	0	0	0
Pistia	4	97	94	18	29	8	0	0	0	0
Azolla	6.2	61	92	28	21	10	2	0.8	0	0
Lemna	6.2	61	92	27	21	7	2	0.8	0	0
Jacinto	1	510	121	36	25	15	6	2.4	1.7 X 10 ⁷	1.1 X 10 ⁶

Fuente: Rodríguez y Díaz (1995).

Por lo tanto, concluye que las plantas acuáticas y en particular el Jacinto de Agua, representa una buena alternativa para descontaminar las aguas residuales domésticas, debido a su capacidad y las condiciones ambientales de que optimizan su rendimiento.

Martelo y Lara (2012) en su investigación “*Macrófitas flotantes en el Tratamiento de Aguas Residuales; una Revisión del Estado del Arte*” asegura que la aplicación de las macrófitas son eficientes en la remoción de contaminantes de la aguas residuales, ya que captan los nutrientes y metales inorgánicos presentes en los cuerpos receptores, como el plomo, cromo, arsénico, cadmio, cobre, zinc y mercurio; muchas de estas especies acuáticas ya han sido aplicadas a sistemas de tratamiento a escala real y a escala laboratorio, ya que pueden reducir de DBO5 un 95%, en DQO de 90.2%, en fósforo total un 91,7%, nitrógeno total un 98,5% y el caso de los metales inorgánicos se logró remover 85 % hasta 95 % para el hierro, cobre, zinc, cadmio y cromo. Todos estos valores se detallan a continuación:

Tabla N°7: Eficiencias de remoción de contaminantes en sistemas con macrófitas

Especie	Porcentaje de remoción													Referencia
	DBO	DQO	SS	P total	N Total	As	Fe	Mn	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn	
<i>Eichhornia crassipes</i>	37 – 95,1	72,6– 90,25	21 - 92	42,3– 98,5	72,4– 91,7	80	78,6– 90,1			86 - 95	60 - 89	40 - 85	48 - 95	[14, 27, 12, 41, 26, 19, 42, 25, 32, 29, 43, 35, 44, 21, 18]
<i>Pistia stratiotes</i>	57 – 91,9	70,7– 93,47	80,6	25 – 64,2	51,7– 87,6		78,3– 95	86,8– 98,4	90 – 99,7	68 – 97,3	64 – 99,6	63 - 87	82 - 92	[45, 5, 46, 41, 19, 32, 25, 26, 18]
<i>Lemna minor</i>	94,4			67	89	5	78,47	95,20	98,55	77 – 90,41	96,94		97,56	[46, 12, 47, 48, 49, 50]
<i>Lemna gibba</i>	50 – 95,7	64,7	30 - 92				54,4							[36, 14, 51, 52, 53]
<i>Hydrocotyle umbellata</i>	88,7	72,2	74,3	69 – 71,3	42,9– 87,5									[27, 22, 18]
<i>Spirodela polyrrhiza</i>							77,5– 83,5			76- 91	62- 83	63- 71	82- 92	[41]
<i>Spirodela intermedia</i>							80,23	96,91	98,22	91,7	33,88		95,73	[46]
<i>Salvinia natans</i>	73,6– 83,8	76,6– 87,1		10,3– 31,3										[19]
<i>Salvinia herzogii</i>									90		64	84		[45, 32]
<i>Salvinia rotundifolia</i>									85- 95					[28]
<i>Azolla</i>	69,6			60	52,4	60								[25, 12]
<i>Egeria densa</i>		79,8– 92,5												[12, 5]
<i>Phragmites communis</i>		58,82												[51]
<i>Dryan</i>		83,4		90,4	84,0									[54]
<i>Waseyutaka</i>		80,7		89,9	79,6									[54]
<i>Tachimasari</i>		85,4		88,3	80,3									[54]
<i>Hydromistia stolonifera</i>												76		[32]

Fuente: Martelo y Lara (2012).

Según Carrión, Ponce de León y Cram (2012), en su estudio “*Aprovechamiento Potencial del Lirio Acuático (Eichhornia Crassipes) en Xochimilco para Fitorremediación de Metales*”, nos informa que el lirio acuático es una planta con un alto potencia de ser acumuladora de metales, esto se pudo demostrar mediante los resultados estadísticos, iniciando con el análisis a las plantas, en donde se compara las concentraciones en la raíz y en la parte área. Este estudio llego a la conclusión que las partes sumergidas tenían mayores niveles de concentración; es por ello se esta especie también se podría utilizar para la adsorción de metales.

Jaramillo y Flores (2012) en su tesis “*Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna Minor (Lenteja de Agua) y Eichornia Crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de actividad minera*” nos asegura que el agua contaminada que sale de la pequeña minería genera un impacto en la calidad del agua, por contener metales pesados como *el mercurio*; es por ello que aplica la *Eichornia Crassipes (Jacinto de agua)* y la *Lemna Minor (lenteja de agua)* a escala laboratorio manteniendo las condiciones ideales al de la Cuidad de la Cuenca, poder medir la capacidad que tienen estas especies para absorber el mercurio, y con el objetivo de optimizar su capacidad agregó fertilizantes y preparados que cambiaron la estructura de la planta (necrosis); pese a esto, logró reducir 0.866 ppm de Hg debido a la sedimentación; por lo tanto concluyó que ambas especies tienen la misma eficacia del 29.5 % durante los 7 primeros días, en cuanto a la *Eichornia Crassipes (Jacinto de agua)* se observó que presentó mayor resistencia al mercurio.

Goyenola (2007), en su investigación “*Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Oxígeno Disuelto*” nos explica que la cantidad del oxígeno presente en el agua está determinada por el proceso de fotosíntesis que realizan las plantas acuáticas, ya que su consumo dependerá de la respiración y la descomposición de la materia orgánica presente en el agua, por ende si se consume más oxígeno del que se genera y se capta, se verán afectados muchos seres vivos que habitan el humedal por la falta de oxígeno.

Según Núñez [Et ál.] (2004), en su investigación “*Fitorremediación: Fundamentos y Aplicaciones*” nos dice que la fitorremediación es una tecnología alternativa, muy eficaz para tratar efluentes contaminados, de bajo costo ya que no requiere de infraestructura sofisticada, además se puede aplicar in situ para remediar grandes volúmenes de aguas, es

una tecnología sustentable, compatible con el ambiente y estéticamente más agradable, tiene más ventajas que desventajas, por lo que se ha convertido en una buena alternativa de tratamiento para ser una tecnología aplicable, eficiente para remover, transformar y retirar diversos tipos de contaminantes.

Según Arroyave (2004), en su investigación "*La Lenteja de Agua (Lemna minor L.) Una Planta Acuática Promisoria*" indicó que algunas plantas acuáticas deben recibir controles mecánicos, ya que se pueden convertir en plagas. A la fecha se han aplicado muchas medidas de control con la finalidad de no sobrepoblar los ecosistemas con estas especies, ya que tienden a apoderarse del lugar, desplazando y agotando los recursos de otros seres vivos.

Existe el control químico, biológico no siendo muy rentables y amigables con el ambiente, en cambio el control mecánico consiste en sacar manualmente o con una herramienta equipada de rastrillos recoger toda la macrofita, teniendo como desventaja la perturbación a las otras poblaciones de organismos que se encuentran en ese ecosistema. Además, frecuentemente se tiene que realizar esta actividad, y como ventaja se puede decir que es un método económico y eficaz.

Martínez (2004) en su investigación "*Progresos en el manejo del Jacinto de agua (Eichhornia Crassipes)*" concluyó que el costo de la aplicación del Jacinto de agua en el mundo es tan alto, tanto para la economía como para la ecología, ya que es necesario proporcionar métodos sofisticados de control de plagas que sean económicas y ambientalmente sostenibles a fin de ofrecer soluciones a largo plazo contra la infestación de esta maleza.

Un programa de control integrado del Jacinto de agua debe ser estructurado de acuerdo con las características de cada lugar. Si se presenta el problema de infestaciones del Jacinto de agua, será necesario reducir la cobertura de la maleza por medios de control químicos o mecánicos y al mismo tiempo se debe conservar las reservas intactas donde liberar repetidamente insectos y hongo para su control.

1.3 Teorías Relacionadas al tema

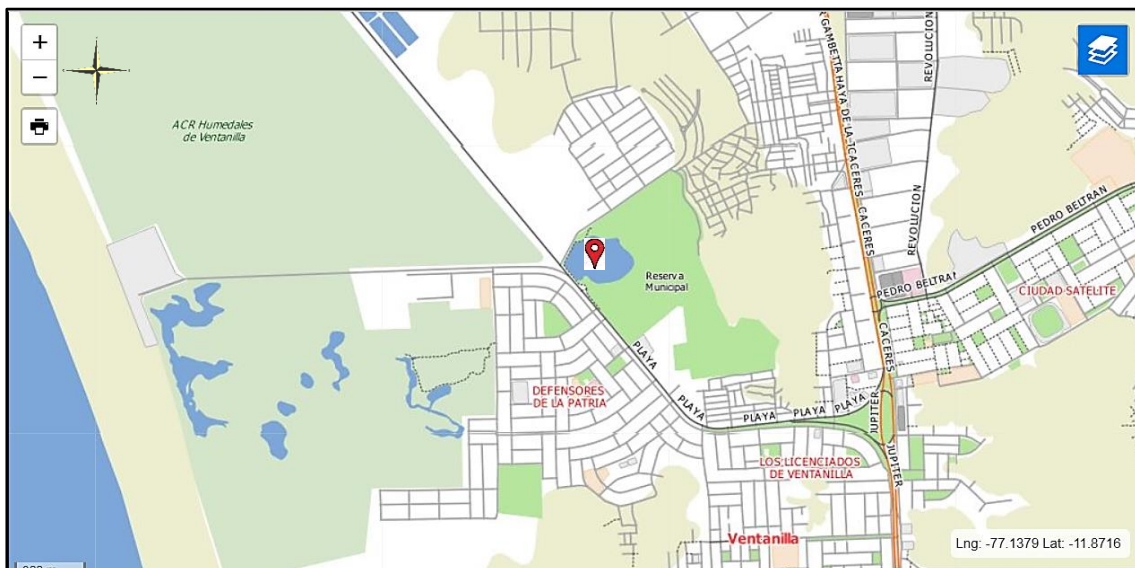
1.3.1 Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” del Distrito de Ventanilla - Provincia Constitucional del Callao

El Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” o espejo de agua es un área natural que se encuentra bajo la gestión, supervisión y protección de la Municipalidad de Ventanilla, mediante el *Acuerdo de Consejo N°058-93/MDV-AL*, del 30 de diciembre de 1993, en la que se la declara Reserva Natural Intangible de carácter local.

Los humedales de Ventanilla son sistemas muy cambiantes y de suma importancia para la comunidad, es por lo que se promueve su conservación con la finalidad de gozar de sus beneficios sociales, culturales, espirituales, económicos, ecológicos, entre otros (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 23).

1.3.1.1 Ubicación

Se encuentra ubicado a la margen izquierda del *AA.HH. Defensores de la Patria* y por la margen derecha de la carretera la Playa rumbo al balneario Costa Azul, en el *Distrito de Ventanilla –Callao*, en las coordenadas Longitud: -77.1379 y Latitud: -11.8716.



Fuente: Guía Calles.

Figura N°1: Ubicación del Humedal Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador”

1.3.1.2 Superficie

El Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” cubre una superficie de 2776, 99 m²; en forma elipsoidal y es parte de una cadena de humedales costeros del Pacífico, originada por la filtración de agua subterránea y de mar, la cual se va reduciendo con el paso de los años, debido a la expansión urbana, las actividades y la carretera (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 28).

1.3.1.3 Clima

Los Humedales costeros de ventanilla se caracterizan por tener un clima muy seco, con precipitaciones 2.8 mm máximo y 0.2 mm mínimo, con temperatura máxima de 27°C en el mes de febrero y mínima de 14.8°C en el mes de setiembre, en cuanto a la humedad relativa de 97% en las mañanas teniendo un promedio anual de 83%, con vientos débiles de 13.6 Km/h y nubosidad alta; esto significa que a pesar que se encuentre dentro de la franja desértica, el humedal tiene un microclima establecido por ser una cuenca de filtraciones de agua marinas (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 31 y 32).

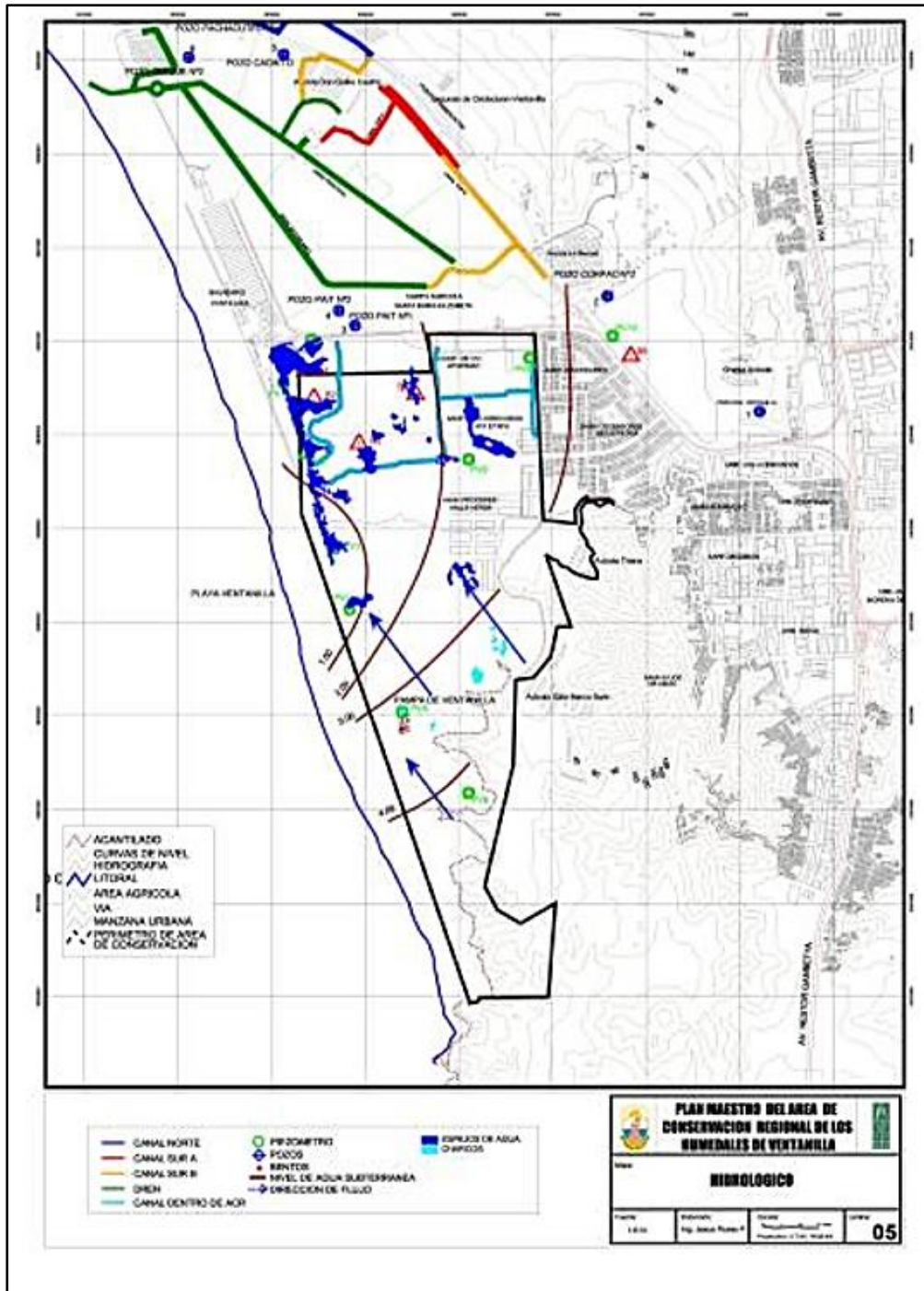
1.3.1.4 Edafología

El tipo de suelo que caracteriza a los humedales son: el *Fluvisol éutrico*, suelos formados a partir de sedimentos aluviales y *Litosol desértico*, formados de la fragmentación de la roca por acción del viento; además de estar compuesto por arena, sales, poca materia orgánica y con un pH entre 7.8 y 8.38 (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 34).

1.3.1.5 Hidrología

El Humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” se encuentra dentro de una cuenca que forma parte del efluente del Río Chillón, siendo en el periodo del mes de diciembre hasta abril, en donde se tiene más volumen de descarga hacia los humedales, lo que significa que es un periodo de creciente en el nivel del agua en el humedal, a su vez es originada por la evacuación de los tanques de oxidación de *SEDAPAL* que se da en el proceso del tratamiento primario, el cual tiene una pérdida del 30% de agua que se infiltra,

también por afloramiento de aguas subterráneas provenientes del mar adyacente y de las aguas de la población de los alrededores. (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 34 y 35).



Fuente: Plan maestro de los humedales de ventanilla 2009- 2014

Figura N°2: Mapa hidrológico de los humedales de Ventanilla

1.3.1.6 Flora

En el humedal se puede apreciar una variedad de especies florales distribuidas según a la características y condición de cada especie, por lo que se dividen en: plantas superficiales y plantas acuáticas, dentro del humedal se puede identificar 4 especies dominantes de plantas superficiales son: *Salicornial*, *Gramadal*, *Juncal*, *Totoral* y *Zona arbustiva*, y en cuanto a las plantas acuáticas se dividen en grupos: *Cyanophyceae* (*algas azules*), *Cyanophyceae* (*algas verdes*), *Bacillariophyceae* (*diatomeas*), *Prasynophyceae* (*prasinofitas*) y *Charophyceae* (*charofitas*)(Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 39 y 40).



Fuente: Imágenes Propias.

Figura N°3: Especies más predominantes, el *Salicornial* y el *Juncal*

1.3.1.7 Fauna

El parque ecológico municipal “Laguna El Mirador” alberga una gran biodiversidad de avifauna variable con más de 32 especies residentes y migratorias siendo mayormente avistadas unas 45 especies en promedio.

Entre las especies de aves dominantes están: *Garza Blanca Pequeña* (*Egretta thula*), *Totorero* (*phleocryptes melanops*), *Gaviota Peruana* (*Larus Belcheri*), *Pecho Colorado* (*Sturnella bellicosa*) *Gallareta* (*Ardea Alba*) *Siete Colores de los Totorales*, *Turtuplilin* (*Pyrocephalus Rubinls*), *Guardacaballo*, *chuita*, *Golondrina santa rosita*, *Pato gargantillo*

(*Anas bahamensis*), Pato Colorado (*Anas cyanoptera*) y Yanavico, y entre las migratorias más predominante en el humedal tenemos al *Himantopus Mexicanus*.



Fuente: Imagen Propia.

Figura N°4: Especie *Garza Blanca Pequeña (Egretta thula)*

En cuanto a peces, predomina la tilapia (*Oreochromis niloticus*), peces pequeños (guppys). En relación con los invertebrados tenemos a los artrópodos acuáticos y terrestres, los cuales son los crustáceos, insectos, miriápodos, arácnidos característicos del humedal (Gobierno regional del Callao, 2009 - 2014, p. 42 y 44).

1.3.2 Humedales

Los humedales son unidades ecológicas que tiene relación con los elementos que lo rodean, son considerados adaptables ya dependen de las condiciones de la zona y la cantidad de agua infiltrada en las temporadas, estas acumulaciones de agua contienen a la flora y la fauna del lugar permitiendo el desarrollo recíproco (Reques, 2003.p.18).

Existen diferentes conceptos, pero si deseamos reconocerla de manera espacial, es:

“son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (RAMSAR, 2016, p 2).

En el Perú se estableció *La Estrategia Nacional para la Conservación de los Humedales en el Perú*, cuya finalidad es la promover la conservación de los humedales, los cuales brindan muchos beneficios, sociales, turísticos, económicos y espirituales (R.J. N°054-96-INRENA). Para el caso del humedal La laguna El Mirador en Ventanilla es de tipo marino- costero ya que se ubica cerca del mar por ende tiene influencia de este en su ecosistema.



Fuente: Imaginen Propia.

Figura N°5: Vista Lateral del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla

1.3.2.1 La importancia de los humedales

La importancia de los humedales radica en su función (regulador hidrológico, productiva y depuradora) y por sus benéficos ecológicos, económicos, espirituales, turísticos, etc. Además de albergar a la biodiversidad, hacen que todos estos intereses determinen su significancia como ecosistema en la actualidad (Reques, 2003.p.48).

1.3.3 La Eutrofización

La eutrofización de un humedal se entiende como la contaminación del agua por presencia de nutrientes como los nitratos y fosfatos en exceso (Reques, 2003.p.174).

Según Moreno (2010) La Eutrofización de los ecosistemas es producto del hombre, y se entiende como aquel ecosistema que se encuentra saturado por un exceso de nutrientes, el cual no es capaz de salir de ese estado, se caracteriza por tener una abundante vegetación y estar bajo presión (p.26).

1.3.3.1 Proceso de eutrofización y sus efectos

Se inicia con el crecimiento acelerado de la materia orgánica por el exceso de nutrientes, que consumen todo el oxígeno del agua, llegando a descomponerse y muriendo en el fondo junto con otros organismos que lo habitaban, a su vez, se liberan gases y aumenta la temperatura, esta condición termina por acabar con la vida en el ecosistema (Reques, 2003.p.175).

Según Moreno (2010) los efectos de este proceso es que se generan compuestos gaseosos como el metano, anhídrido sulfuroso que se liberan al ambiente, además de la acumulación de elementos tóxicos, patógenos y demás contaminantes en el fondo, que hacen imposible la vida en el lugar (p.28).

1.3.4 La fitorremediación y sus ventajas

Se entiende por fitorremediación o autodepuración como un hecho que sucede naturalmente, ya que en este sistema natural ocurre un intercambio biológico con los vegetales y, por lo tanto, tienen la capacidad de autolimpiarse (Curt, 2008, p.61).

El concepto relativamente nuevo es:

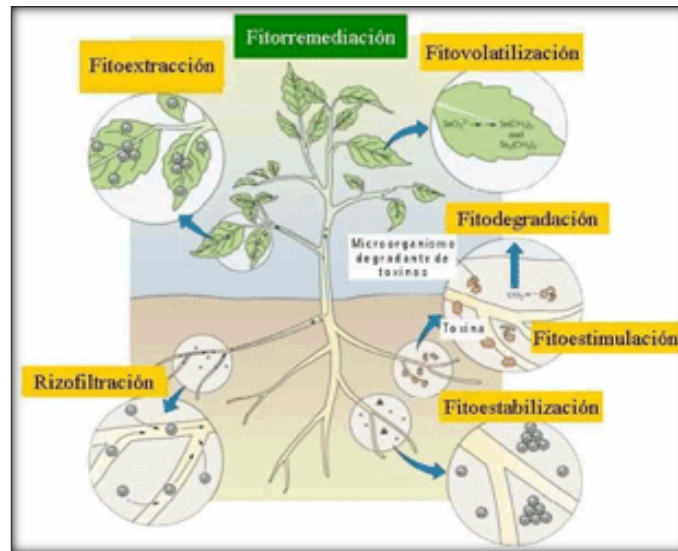
“Se compone de dos palabras, fito (ta), que en griego significa planta o vegetal, y remediar (del latín remediare), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmendar algo. Fitorremediación significa remediar un daño por medio de plantas o vegetales” (Núñez [Et ál.], 2004.p.69).

Entonces la fitorremediación es la utilización de los vegetales para absorber contaminantes de los ecosistemas, y este hecho muchas veces ocurre naturalmente en estos sistemas por la capacidad que poseen.

Según Delgadillo [Et ál.] (2011) los beneficios de la fitorremediación son muchos ya que son muy eficaces para descontaminar ecosistemas, fácil utilizar y aplicar, ya sea en campo como en laboratorio, por su bajo costo, además que se adapta con los agentes receptores (aire, agua y suelo) y no consume energía por lo tanto es amigable con el medio ambiente (p.597).

1.3.4.1 Tipos de Fitorremediación

Los vegetales por su estructura y composición tienen la capacidad de reducir, degradar, absorber y acumular en sus diversas partes o zonas, con la ayuda de condiciones o elementos que favorezcan en su desarrollo (microorganismos), más conocido como estrategias de los vegetales (Núñez [Et ál.], 2004.p.69).



Fuente: ArgenBio, 2007

Figura N°6: Estrategias de fitorremediación a nivel de la estructura del vegetal

Los mecanismos fisiológicos que se dan en el vegetal dependen del tipo de especie y su eficacia, entre las estrategias tenemos:

Tabla N°8: Estrategias de la fitorremediación y contaminantes que tratan

Proceso	Mecanismo	Contaminantes tratados
Fitodegradación o fitotransformación	Uso de planta y microorganismos asociados para degradar	Orgánicos
Fitoestimulación	Acumulación en la rizosfera	Orgánicos e inorgánicos
Fitovolatilización	Volatilización a través de las hojas	Orgánicos e inorgánicos
Fitoestabilización	Absorción y acumulación en las raíces	Orgánicos e inorgánicos
Fitoextracción o fitoacumulación	Absorción en las raíces, tallo y hojas	Inorgánicos (metales)
Rizofiltración	Uso de las raíces de los vegetales para adsover y absorber.	Orgánicos e inorgánicos (Metales pesados)

Fuente: Delgadillo [Et ál.] (2011)

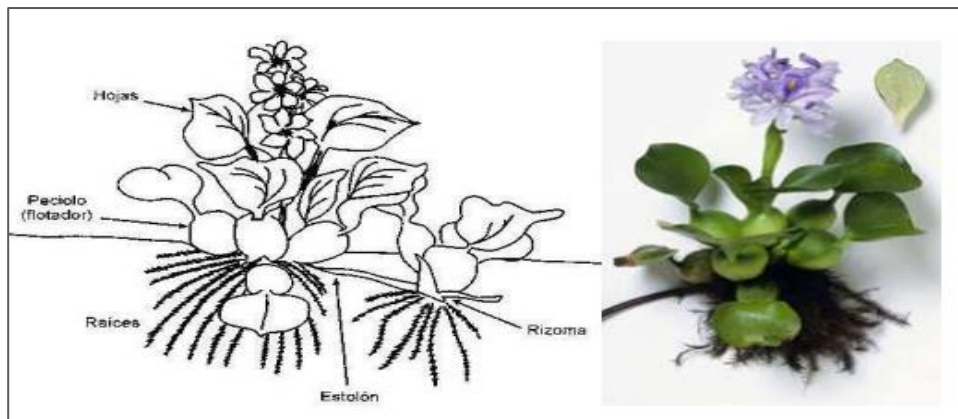
1.3.5 Las Macrófitas

Se entiende como macrófita a cualquier vegetal que resulta ser visible en los humedales, aquí podemos encontrar una variedad de vegetales acuáticos con semilla, entre las cuales tenemos a los vegetales acuáticos que están dentro del agua y a los vegetales acuáticos que emergen de ella hacia el exterior (Curt, 2008, p.61).

“Entre las macrófitas más conocidas tenemos, jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), la salvinia (*Salvinia Spp.*), la redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), y a las lentejas de agua (*Lemna Spp.*, *Spirodella Spp.*)” (Martelo y Lara. 2012, p.224).

1.3.5.1 La *Eichhornia Crassipes*: Morfología y taxonomía

Según Lacuesta y Cristobal (2013) el *Jacinto de agua* es una planta acuática (macrófita) que esta por todo el mundo, su morfología consiste en tener el tallo que salen a la superficie, las hojas son redondas e infladas que hacen que floten, raíces negras con puntitas blancas y en veranos las flores son azuladas o lilas, además de tener gran facilidad para reproducirse, 1 solo ejemplar puede generar 30 hijos en 23 días, según su taxonomía pertenece al *Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Commelinales Familia: Pontederiaceae Género: Eichhornia Especie: crassipes* (p.9).



Fuente: Jaramillo y Flores (2012)

Figura N°7: La especie el Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*), camalote o lechugín

1.3.5.2 Hábitat de cultivo

El Jacinto de agua se puede encontrar a latitudes de 40°N y 45°S y a temperaturas menores de 0°C, generalmente en lagos, lagunas y humedales de agua dulce, pero algunas veces se pueden encontrar en agua salada, sin embargo estas condiciones afectan su desarrollo; Muy por el contrario cuando se encuentra expuesto condiciones de agua eutrofizadas ya sea por tener alta concentración de nutrientes o metales pesados, esto favorece su crecimiento y son adsorbidos de manera eficiente y rápida (Robles, 2012, p.2).

1.3.5.3 Distribución geográfica

El Jacinto de agua proviene del Amazonas y se encuentra en todo de América del sur, y el mundo, con mayor presencia en zonas tropicales y subtropicales (Ecuador, Brasil, Colombia, Perú, etc) en donde el Jacinto de agua se encuentra distribuido en la costa, puntualmente en lagos, lagunas, humedales, etc (Andrade, 2015, p. 19).

1.3.5.4 Parámetros de crecimiento

Según Jaramillo y Flores (2012), el crecimiento de esta especie va a depender del medio donde se desarrolle, porque cuando hay escasez de elementos fertilizantes, se impide el crecimiento de la planta; y, muy por el contrario, cuando hay abundancia de nutrientes, la planta se desarrolla hasta su máximo nivel y llega a tener un color azul-verdoso (p. 42).

A continuación, se citan parámetros de crecimiento:

- Requieren iluminación intensa
- La carga orgánica de DBO puede variar entre 1 y 30 ppm al día (10 y 300 Kg/ha día).
- Necesita un pH que se sitúe entre 6.5 - 7.5.
- Requiere una dureza media alrededor de 12 - 18 DH.
- El crecimiento de la *Eichornia crassipes* acelerado es por la existencia de nutrientes en el agua (nitrógeno, fósforo y potasio) y puede remover metales.

1.3.5.5 Métodos de control

Según Martínez (2004), nos menciona que por la facilidad que posee esta especie de propagarse y adaptabilidad a diferentes condiciones, se vuelve casi o muchas veces imposible de manejarlos.

por lo tanto, menciona que su control puede llegar a ser muy tedioso y perjudicial para los ecosistemas; ya que sostiene estos diferentes métodos no contribuyen con el cuidado del medio ambiente, ya sea por medios físicos, químicos y biológicos genera un impacto para el ecosistema a tratar entre otros factores (p.1).

A continuación, se muestra una tabla con los diferentes tipos de control

Tabla N°09: Tipos de controles para el manejo del Jacinto de Agua

Tipo de control	Descripción general	Costo	Observación
Control Químico	Aplicación de herbicidas como método rápido para su eliminación (Diquat, glifosato, etc)	Bajo	Efectivo para la eliminación inicial pero no evita la reinfestación
Control Mecánico	Mediante movimientos de extracción o trituración mediante el uso de equipos específicos o manualmente.	Alto	Lenta eliminación, apropiada para controlar los rebrotes
Control Biológico	Uso de insectos y/o patógenos. Ácaros, polillas, gorgojos, hongos, etc.	Bajo	Reduce significativamente el vigor de las invasiones.

Fuente: Martínez, Progresos en el manejo del Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*).

Por lo tanto, recomienda que se debe hacer un manejo integrado del Jacinto de agua, desde su correcta aplicación de la especie a comunidades nativas hasta su control a través del tiempo, ejecutándolo en tiempos y espacios correctos, aplicando las técnicas más adecuadas para su sostenimiento y viabilidad de la especie en el ecosistema.

1.3.6 Procesos activos de la vegetación en la etapa de depuración

Según Curt (2001), las plantas acuáticas, gracias a la capacidad que poseen remueven o absorción de contaminantes presentes, ya sean para los metales como para los nutrientes que originan la eutrofización (nitratos y fosfatos).

Las plantas acuáticas se han adaptado y son capaces de proporcionar aire a sus tejidos, esto es porque, posee agujeros microscópicos en las hojas y tallos, este aire ingresa hacia todo el vegetal, esto es lo que se conoce como el aerénquima, esta característica de la planta llega a proporcionar aire desde las hojas hasta las raíces. En las raíces se liberan oxígeno al medio, es allí en donde se genera un espacio de aire en el agua, alrededor de las raíces. Esta condición de aire genera el aumento de microorganismos que sin presencia de aire descomponen de la materia orgánica, por lo tanto, disminuyen la carga contaminante (P. 68).

1.3.7 Proceso de remoción de agentes Contaminantes (nutrientes)

Según Londoño y Marín (2009), nos explica que la rapidez en que una especie de macrófita logra remover los contaminantes va a depender de su velocidad de desarrollo, el número de vegetales y la cantidad de los contaminantes presentes, estos a su vez son los muy importantes para que dichos vegetales se desarrollen, tales como nitrato, amoníaco y fosfato; por otro lado, hay muchas especies que son capaces de adsorber, acumular y remover metales tóxicos, como cadmio, plomo, entre otros elementos contaminantes, como es en el caso de la *Eichhornia Crassipes* (p.26).

La composición química en general de un humedal debe ser la siguiente: Demanda Bioquímica de Oxígeno 40-200 mg/L, sólidos totales 55-230 mg/L, sólidos en suspensión 45-180 mg/L, nitrógeno total 20-85 mg/L, nitrógeno amoniacal 15-40 mg/L, fósforo total 4-15 mg/L, pero esto va a depender de muchos factores. (Curt, 2008, p.70).

1.3.7.1 Nitrógeno en forma de nitratos

Según Londoño y Marín (2009), que el nitrógeno es utilizado toda por los vegetales en los primeros días, por lo tanto, este no sufriría ningún cambio en su composición y formaría ser parte de la planta, pero en este caso ya se encontraría en forma orgánica; la

cual podría volverse a utilizar al ser instalada nuevamente al ambiente inicial, de la cual incluso la remoción podría alcanzar hasta un 80% de eficiencia.

Según Curt (2008), nos explica que al inicio los contaminantes están como nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+) y nitrógeno orgánico y que al pasar por un proceso de oxidación se transforman en nitratos. Además, cualquier estructura molecular que posea el nitrato siempre será parte del ciclo del nitrógeno ya que están conectadas bioquímicamente, la cantidad de nitrógeno total que se puede encontrar en un humedal es de 20-85 mg/L, en ambientes equilibrados.

En la etapa de remoción del nitrógeno ocurren varios microprocesos, ya sean físicosquímicos como la: filtración, floculación y sedimentación; y los biológicos, en donde se cuenta con la participación de los organismos vivos, como la amonificación, nitrificación, desnitrificación, fijación de nitrógeno y su asimilación; la rapidez con la que sucede este hecho va a depender de la temperatura y pH, es decir que si aumenta la temperatura será más rápido (p.73).

1.3.7.2 Fósforo

El fósforo que se encuentran en las aguas contaminadas, al inicio están como ortofosfatos, fosfatos condensados (poli-fosfatos) y fosfatos en compuestos orgánicos (fósforo orgánico), luego debido a que son parte de procesos biológicos, se las puede encontrar como fosfatos orgánicos.

En humedales equilibrados podemos encontrar un rango de fósforo total 4 -15 mg/L, en los sistemas de agua contaminadas se puede visualizarlo, al encontrar restos de alimentos, residuos orgánicos, entre otros desechos.

En cuanto a la velocidad de remoción de fósforo en los humedales, este va a depender del tipo de especie que se está utilizando, la cantidad de contaminante, el estado del suelo del humedal, etc.; En los primeros días la remoción del fósforo es grande, ya que las macrófitas y el suelo están vacías, y con una predisposición para crecer, multiplicarse y sedimentarse, y es por ello que la remoción se logra por un proceso de sedimentación más que por la propia remoción que realiza la planta.

Las raíces de estas macrófitas logran adsorber el fósforo y lo asimila para poder desarrollarse, pero como se dijo en comparación con la precipitación (método físico) esta remoción es baja, incluso más baja que la remoción que se da con el nitrógeno, y esto quedó demostrado al encontrarse poco fósforo en la estructura de la planta (Londoño y Marín, 2009, p. 32).

Entonces se entiende que se logra mayor rendimiento cuando la remoción es física, es decir, por sedimentación que por la propia adsorción que realiza la especie, además se considera que se quitó o removió fósforo del sistema, cuando esta especie es sacada del ecosistema inicial (Curt, 2008, p.75).

1.3.7.3 Oxígeno Disuelto

Según Goyenola (2009), nos dice que en un humedal mediante la fotosíntesis que realizan la macrófitas se genera y se gasta oxígeno; los factores que determinan la cantidad de oxígeno presente en los sistemas son: la temperatura, el flujo de la corriente, presión del aire, descomposición de la materia orgánica, el desarrollo y la cantidad de especies, la contaminación, actividad humana, entre otros (p.1).

En todo un día los niveles de OD fluctúan y se van incrementando en las mañanas hasta alcanzar su máximo nivel por las tardes, este cambio brusco de oxígeno hace que se genere condiciones óptimas para su desarrollo, por lo tanto, la población de algas y el nivel de oxígeno crecerá muy rápidamente, y a su vez la materia orgánica comienza que se desarrolle y es descompuesta por microorganismos aerobios, por lo tanto, la necesidad de oxígeno mayor, lo que resulta en un agotamiento del oxígeno. Por ende, los organismos acuáticos se sofocan y mueren, es por ello que el oxígeno juega un papel determinante en el proceso de eutrofización de los humedales (Goyenola, 2009. p. 2).

La cantidad de Oxígeno Disuelto (mg/L) se puede representar en porcentaje de saturación (%), lo que significa que a determinada temperatura le corresponde un nivel de saturación y esto se puede apreciar en el cuadro de la capacidad de oxígeno disuelto (mg/L) (ver anexo VI).

1.3.7.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Según Londoño y Marín (2009), nos explica que los vegetales añaden el oxígeno al agua mediante el proceso de fotosíntesis que realizan, la cual es eliminada mediante las raíces, y que es en ese lugar donde se encuentran los microorganismos aerobios, este oxígeno hace que se desarrollen y degraden el DBO presente, por lo tanto, las plantas y el suelo no realizan la remoción de manera directa del DBO, sino que son parte fundamental para lograr este fin, y lo demás ya ocurre por microorganismos anaerobios que realizan la misma labor.

La cantidad máxima de DBO5 presente en un sistema, debe estar por debajo de 25 mg O₂/L, ya que es generado por los mismos desechos o materia orgánica presente en el ecosistema (p.29).

1.3.7.5 Sólidos en suspensión

Según Londoño y Marín (2009) la remoción de sólidos suspendidos es muy rápida y efectiva es los primeros días debido a los procesos fisicoquímicos que se dan en el humedal, ya que, en tan solo un día, se puede alcanzar remociones de alrededor de 90 a 95 %, es decir, es capaz de mejorar la calidad el agua en un día, llegando a ser menor de 10 mg/L (p.29).

Como ya se mencionó, la mayor cantidad de remoción se genera por el proceso de la sedimentación de los sólidos, la cual se asienta en el fondo del humedal, resultando fácil su separación, en cambio los coloides se mantienen en suspensión, se estima que el tiempo de 3 días se sedimentan los sólidos; En cuanto al proceso de filtración del agua no es muy importante ya que por la propia característica de las raíces de la planta, hace que se capte y retenga en sus vellos (Curt, 2008, p.70).

1.3.7.6 Potencial Hidrógeno

El potencial hidrogeno se entiende como la cantidad de carga o iones hidrogeno, también como una medida de acidez o alcalinidad, en la cual tomamos como punto medio y de referencia de punto medio al pH del agua pura, la cual es 7.0, y en este caso representa el punto medio de nuestra escala, esto quiere decir que el agua tiene 1×10^7

moléculas de iones de hidrógeno por cada litro, mientras más bajo es el pH, se considera ácido y mientras más alta es básicas o alcalinas.

En el proceso de la eutrofización, justo en el momento en que los vegetales crecen a un ritmo acelerado, las plantas que realizan la fotosíntesis añaden el dióxido de carbono y consuman el oxígeno presente, es por ello que los niveles de pH pueden elevarse a cantidades que ni el mismo ecosistemas sea capaz de aguantarlo, algunas veces el agua de estos ecosistemas llega a tener niveles muy bajos de pH, lo que las hacen aguas acidas, generando condiciones inevitables para los seres vivos del humedal (Zamora, Rodríguez, Turres & Yendis, 2008).

1.3.7.7 Temperatura

Según Londoño y Marín (2009), nos explica que la fluctuación de la temperatura (condición física) en un humedal daña de manera considerable a los procesos que se dan en el sistema, por ejemplo si se tiene una T° menor a 10°C hace que sea lenta el proceso de remoción del DBO y del Nitrógeno, y por el contrario si esta temperatura se eleva, causa la evaporación del agua, lo cual conlleva a un sin número de condiciones que el oxígeno se disuelva menos, generando la favorables y desfavorable para ciertos elementos, por ejemplo: disminuye la solubilidad del Oxígeno, se aceleran procesos químicos y biológicos, se descompone la materia orgánica, por la cual se emiten o liberan gases de metano, ácido sulfhídrico al ambiente (p.29).

1.3.7.8 Materia orgánica

Según Curt (2008), nos menciona que la remoción de la materia orgánica se origina mayormente por el proceso de la sedimentación y por la intervención de los microorganismos aerobios y anaerobias, todo esto con la participación indirecta de la planta. Hay otros factores que determina la eficiencia de la remoción de materia orgánica, como: la cantidad de oxígeno presente, el pH del agua, y la temperatura; Esto quiere decir que la putrefacción de la orgánica es parte importante para remover los contaminantes mediante el proceso la sedimentación por gravedad, generando así reducciones de la carga orgánica en los humedales (p. 71).

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

¿Cómo la remoción de nutrientes con *Eichhornia Crassipes* reducirá la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” de Ventanilla – callao 2016?

1.4.2 Problemas Específicos

- ✓ ¿Cuál es la eficiencia de remoción de nutrientes con la *Eichhornia Crassipes* para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016?
- ✓ ¿Cuál es el nivel de reducción de los agentes contaminantes del agua del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016?

1.5 Justificación del estudio

Los humedales son ecosistemas de gran importancia ya que integran diferentes comunidades y especies de organismos, que interactúan entre sí, con el medio físico y abiótico que lo rodea. En el caso de la Eutrofización que presenta el Parque Ecológico Municipal Laguna El Mirador, es de vital importancia realizar una investigación para determinar y aplicar la reducción de nutrientes para así detener el deterioro del humedal, ya que son estos los que desencadenan todo el problema; se originan por la acumulación de basura y la filtración de aguas servidas, proveniente de las actividades que se desarrollan en la zona, alteran la calidad del agua.

Otro gran problema es el descuido y falta de mantenimiento por parte de la municipalidad, ya que se puede convertir en un foco infeccioso trayendo consigo enfermedades hacia la población, es por todo esto que surge el interés de aplicar una solución efectiva de bajo costo y que no genere daños ambientales.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Realizar la remoción de nutrientes con la *Eichhornia Crassipes* para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la eficiencia de remoción con la *Eichhornia Crassipes* para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.
- ✓ Determinar los niveles de reducción de los agentes contaminantes del agua del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis General

La remoción de nutrientes con *Eichhornia Crassipes* reducirá la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla- Callao 2016.

1.7.2 Hipótesis Específicas

- ✓ La eficiencia de reducción de nutrientes con la *Eichhornia Crassipes* será al 100% en la reducción de la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.
- ✓ Los niveles de los agentes contaminantes disminuirán en un 100% con *Eichhornia Crassipes* en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla –2016.

II. MÉTODO

2.1 Metodología

El Método de investigación es el método experimental, ya que se desarrollará a través de etapas de observación, experimentación, análisis y comparación de los hechos; generando así inferencias y resultados que conlleven a las respectivas conclusiones del estudio (Grajales, 2002, p.1).

2.2 Tipos de Estudio

Según su naturaleza: **Cuantitativa.**

La investigación es de tipo cuantitativa porque se compara los valores de los parámetros del Estándar de Calidad Ambiental para agua cat. 4 con los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de agua del humedal en cada una de las etapas de investigación, y se empleará el programa Excel para el procesamiento de datos y SPSS para su análisis estadístico (Grajales, 2002, p.1).

Según el grado de abstracción: **Aplicada.**

En la presente investigación se aplicarán conocimientos teóricos con la finalidad de reducir la eutrofización con *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) en el parque ecológico municipal “Laguna El Mirador”, para lograr tal fin se realizará la remoción de nutrientes in situ (Grajales, 2002, p.1).

Según lo que se pretende con la investigación: **Explicativa.**

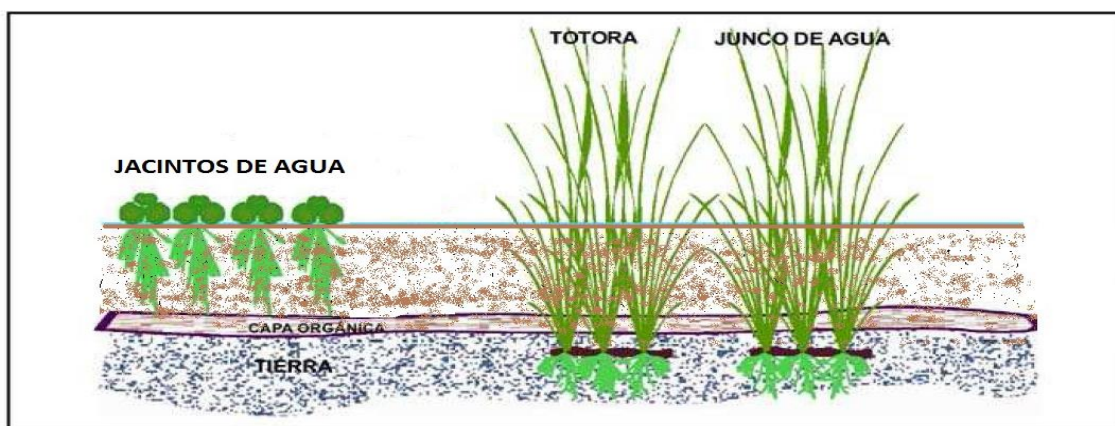
Se buscará explicar la relación de causa - efecto entre la variable dependiente (la Eutrofización) y la variable independiente (remoción de nutrientes con la especie *Eichhornia Crassipes* “Jacinto de agua”) (Grajales, 2002, p.2).

Según el papel que ejerce el investigador: **Experimental.**

Se realiza la remoción de nutrientes con *Eichhornia Crassipes* (*Jacinto de Agua*) para reducir la eutrofización en el parque ecológico municipal “Laguna El Mirador con el propósito de comparar, medir y demostrar su eficacia. (Grajales, 2002, p.4).

2.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación es de tipo experimental, ya que se introducirá a la especie *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) en el humedal para reducir la eutrofización en el Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla, se medirá y analizará los resultados en cada una de las etapas de la investigación.



Fuente: Elaboración Propias

Figura N°08: Diseño de la investigación en el humedal (condiciones actuales)

Para el cálculo de la eficiencia, el diseño será a escala laboratorio ya que de esa manera se puede optimizar los atributos de la especie para el logro de su objetivo.

2.4 Desarrollo de la metodología de la investigación

El desarrollo de la metodología de la investigación para la obtención de resultados se realizó de acuerdo con las siguientes etapas:

2.4.1 Selección del lugar a investigar

Se determinó el área de estudio debido a la importancia que representa el cuidado de los humedales, ya que este caso, el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla, presenta el problema de la eutrofización ya se pudo observar indicadores y factores de contaminación como : acumulación basura en el humedal, filtración de aguas servidas, poca visibilidades del fondo del agua acompañado de un color verdoso con partículas en suspensión, además de un olor a agua estancada y la poca presencia de animales acuáticos.



Fuente: Imágenes Propias

Figura N°09: Vista panorámica de la zona de investigación el humedal del Parque Ecológico Municipal "Laguna El Mirador" en Ventanilla – Callao



Fuente: Imágenes Propias

Figura N°10: Presencia de residuos sólidos en el humedal

Durante esta etapa se realizó la planificación para la toma de muestra, la que consistió en una serie de actividades que están consideradas dentro del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial R.J. N°251-2015ANA

2.4.1.1 Establecimiento de los puntos de monitoreo

El tipo de muestreo será simple o puntual en 4 puntos del humedal determinados según criterios de accesibilidad y condiciones seguras.

Punto 1:

11° 52.343' S Latitud
77° 8.309' O Longitud

Punto 3:

11° 52.296' S Latitud
77° 8.337' O Longitud

Punto 2:

11° 52.318' S Latitud
77° 8.335' O Longitud

Punto 4:

11° 52.278' S Latitud
77° 8.329' O Longitud



Fuente: Imagen de Google Earth.

Figura N°11: Vista Satelital de los puntos de muestro en el Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla- Callao

2.4.1.2 Codificación del punto de muestreo

Se determinará la ubicación con el sistema de posicionamiento global (GPS) y las coordenadas serán registradas pen sistema UTM. [Sigla del tipo de cuerpo de agua] [Sigla del nombre del cuerpo de agua] [Numeración continua]

H: humedal

Nombre del lugar: Laguna “El mirador”

Red de monitoreo: 4 puntos

- HLMir1
- HLMir2
- HLMir3
- HLMir4

2.4.1.3 Parámetros para evaluar en el monitoreo de calidad

Los parámetros para evaluar en campo son: pH, T y los parámetros fisicoquímicos que serán evaluados en el laboratorio son: OD, DBO, SST, Nitratos (NH3) y Fosfatos.

Tabla N°10: Parámetros que se evalúan en la categoría 4

Parámetros	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos	Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros
Parámetros de campo	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD
Parámetros químico-físicos	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N-NO ₃ , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶⁺ , Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N _{tot} , N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶⁺ , Hg, Ni, Pb, Zn), sulfuros	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Cd, Cu, Cr ⁶⁺ , Hg, Ni, Pb, Zn)
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismo de vida libre	Coliformes termotolerantes,	Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Huevos y larvas de helmintos,	Coliformes termo tolerantes	

Fuente: ANA, estándares nacionales de calidad ambiental para agua aprobado el MINAM (D.S. N° 015-2015-MINAM).

2.4.1.4 Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección

Los materiales que se usaran en el trabajo de campo.

Tabla N°11: Lista de materiales que se utilizaron en campo

Medio de transporte	Vehículo de transporte público
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Cooler mediano • 4 frascos de vidrio oscuro 0.50 ml • Multiparámetro • Guantes descartables • Refrigerante (hielo) • Balde pequeño
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • GPS • Cámara fotográfica • Brazo muestreador
Reactivo	<ul style="list-style-type: none"> • Papel tornasol
Formato	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetas • Ficha de datos de campo • Cadena de custodia
Permiso	Permiso de la municipalidad de ventanilla
Indumentaria de protección	<ul style="list-style-type: none"> • Botas de jebe • Mandil • gorra
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero de apuntes • Lapiceros • Bolsas zipp

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 Toma de una muestra Pretest

Después de realizada la selección del lugar debido al problema de eutrofización que presenta, se tomara una muestra Pretest en el humedal, con la finalidad de analizar y medir los parámetros fisicoquímicos y por ende conocer el grado de contaminación (nutrientes: nitratos y fosfatos) que acarrear las aguas del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao.



Fuente: Imagen propia

Figura N°12: Toma de la muestra pretest en los puntos de muestreo del humedal

2.4.2.1 Protocolo para el muestreo de agua en el humedal

A. Reconocimiento del entorno

En el lugar de muestreo se realizará el reconocimiento del entorno y observaciones que se llenará en la ficha de campo (Anexo VIII).

B. Rotulado y etiquetado

Las etiquetas autoadhesivas, deben tener los siguientes datos:

- Nombre del solicitante
- Código del punto de muestreo
- Tipo de cuerpo de agua (H: humedal)
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre del responsable de la toma de muestra
- Tipo de análisis requerido
- Preservación

C. Georreferenciación del punto de monitoreo

Una vez ubicados los 4 sitios de muestreo se debe identificar los puntos de muestreos utilizando la ficha de identificación del punto de monitoreo (Anexo XI) y deberá confirmarse las coordenadas utilizando el equipo de GPS.

D. Medición de los parámetros en campo

Los parámetros para medir en campo son: PH, temperatura, oxígeno disuelto.

E. Procedimiento para la toma de muestra

El responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua. Ubicarse en un punto sea fácil acceso, donde la corriente sea homogénea. Antes del inicio de la toma de muestras enjuagar el balde con agua del punto de muestreo como mínimo dos veces, luego tomar una muestra de agua para medirlos parámetros de campo (pH, temperatura y conductividad) y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (Anexo VIII).

Para la toma de muestras colocar un frasco en el brazo muestreador, asegurarlo y retirar la lapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco. Extender el brazo y sumergir la botella rotulada en sentido contrario a la corriente, hasta que esté parcialmente llena y proceder a su enjuague (mínimo dos veces). Sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 a 30 Cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo, cerrar el frasco y mantener a una T° de 18 °C.

F. Llenado de la cadena de custodia

Para su llenado se deben considerar todos los datos presentes en el Anexo X.

G. Conservación y transporte de las muestras

Los frascos de vidrio deben colocarse en el de forma vertical en el coolers, que está bajo un adecuado sistema de enfriamiento refrigerante (hielo en bolsa T: 5° a 3° C); para que no se derramen ni expongan a la luz, además deben ser embalsamados con bolsas para evitar roturas y derrames.

Las muestras deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio cumpliendo los tiempos de almacenamiento establecidos para cada parámetro en el (Anexo XII).

2.4.3 Análisis de las muestras en el laboratorio:

Luego de haber tomado las 12 muestras en todos los puntos y de haber realizado el respectivo llenado de todas las fichas; se procedió a llevar inmediatamente las muestras al laboratorio para su conservación y análisis.



Fuente: Imagen propia.

Figura N°13: Las 12 muestras rotuladas en el laboratorio

2.4.3.1 Parámetros que se analizaron en el laboratorio

Se realizó el análisis respectivo a cada muestra obteniendo resultados favorables, confirmando de esta manera que existe un proceso de eutrofización dentro del humedal.

- pH
- T°
- Nitratos
- Fosfatos
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Solidos Totales

Los resultados serán comparados y analizados con el último análisis de aguas que se realizara después del sembrado para validar las hipótesis.

2.4.3.2 Procedimiento del análisis de agua según CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias de Ambiente

A. Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH)

Se realizó la medición con el multiparámetro



Fuente: Imagen propia.

Figura N°14: Medición del pH con el multiparámetro

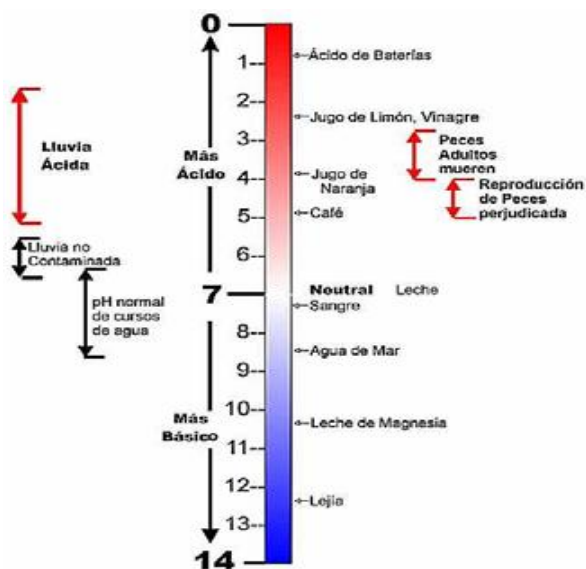
Tabla N°13: Resultados del análisis de Potencial de Hidrógeno (pH)

Punto de muestreo	pH (1)	pH (2)
HLMIR01-A	8.52	8.07
HLMIR01-B	8.70	8.10
HLMIR01-C	8.63	8.11
HLMIR02-A	8.56	7.92
HLMIR02-B	8.66	7.93
HLMIR02-C	8.55	7.93
HLMIR03-A	8.71	7.90
HLMIR03-B	8.77	7.92
HLMIR03-C	8.73	7.94
HLMIR04-A	8.66	7.95
HLMIR04-B	8.75	7.96
HLMIR04-C	8.70	7.97

Fuente: Elaboración propia.

El promedio de pH (1) = **8.661** antes de la siembra

El promedio de pH (2) = **7.975** después de la siembra



Fuente: AQUATOX 2000

Figura N°15: Escala del Potencial de Hidrógeno (pH)

B. Análisis de Oxígeno Disuelto

Materiales

- Solución sulfato manganeso
- Solución álcali ioduro nitruro
- Ácido sulfúrico
- Bureta
- Tiosulfato de sodio 0.025 N
- Matraz Erlenmeyer
- Solución de almidón
- 12 frascos esmerilados
- 2 jeringas tuberculina 3 ml

En campo: añadir los 2 ml de Solución sulfato manganeso y 2 ml Solución álcali ioduro nitruro, a cada una de las 12 muestras que están en los frascos esmerilados para OD.



Fuente: Imagen propia.

Figura N°16: Adición del sulfato manganeso y el álcali ioduro nitruro

En el laboratorio: Prepara añadir 200 ml de la muestra de agua en el matraz y 1ml de almidón (tomara un color azul oscuro), luego colocarlo en la bureta, abrir la llave de la bureta y calcular el gasto (ml) hasta que llegue al color inicial.



Fuente: Imagen propia.

Figura N°17: Adición del Almidón

Tabla N°14: Resultados del análisis de Oxígeno Disuelto

Punto de muestreo	Gasto	Volumen de cada frasco
HLMIR01-A	2.0 ml	297.771 ml
HLMIR01-B	1.9 ml	325.34 ml
HLMIR01-C	1.9 ml	315.6 ml
HLMIR02-A	1.5 ml	309.73 ml
HLMIR02-B	1.5 ml	313.03 ml
HLMIR02-C	2.0 ml	319.72 ml
HLMIR03-A	3.0 ml	311.79 ml
HLMIR03-B	3.0 ml	304.58 ml
HLMIR03-C	3.1 ml	312.44 ml
HLMIR04-A	3.7 ml	297.94 ml
HLMIR04-B	3.4 ml	303.4 ml
HLMIR04-C	3.4 ml	307.58 ml

Fuente: Elaboración propia.

Fórmula para el cálculo:

N: 0.025 N

Alícuota: 200 ml

$$O_2 \frac{mg}{L} OD = \frac{8000 \times \text{gasto adicional} \times N \times Vol}{alícuota(Vol - 2)}$$

C. Análisis de Sólidos Totales

Materiales

- Balanza Analítica
- Estufa de Secado
- Luna de reloj
- Bomba al vacío
- Cronometro
- 12 filtros de fibra de vidrio de 47 mm \varnothing por 1 μ m de porosidad

En el laboratorio: Colocar los filtros en la bomba al vacío e hidratarlos con 50 ml de agua destilada, luego colocarlos en las lunas de reloj y colocarlos dentro de la estufa a 105 °C por 1 hora. Luego pesar cada filtro en la balanza analítica para nuevamente colocarlos en la bomba al vacío y pasar 100ml de cada muestra de cada punto y rociar un chorrito de agua destilada por las paredes del frasco de la bomba al vacío para que no quede nada; por último, llevarlo a la estufa nuevamente para volverlos a pesar.

Tabla N°15: Resultados del análisis de Sólidos Totales

Punto de muestreo	Filtro seco	Filtro con muestra
HLMIR01-A	0.1925	0.1962
HLMIR01-B	0.1854	0.1941
HLMIR01-C	0.1831	0.1911
HLMIR02-A	0.1864	0.1983
HLMIR02-B	0.1848	0.1964
HLMIR02-C	0.1825	0.1924
HLMIR03-A	0.1820	0.1941
HLMIR03-B	0.1828	0.1945
HLMIR03-C	0.1801	0.1936
HLMIR04-A	0.1782	0.1934
HLMIR04-B	0.1797	0.1918
HLMIR04-C	0.1850	0.1884

Fuente: Elaboración propia.

Fórmula para el cálculo:

Vol. 0.1 L

$$SST \frac{mg}{L} = \frac{Wf - Wi}{Vol(l)} \times 1000$$

D. Análisis de Demanda Bioquímica de oxígeno

Materiales

- 6 L de Agua destilada
- 6 ml cloruro férrico
- 6 ml cloruro de calcio
- 6 ml sulfuro de magnesio
- 6 ml solución amortiguadora
- 12 frascos esmerilados
- Manguera de caucho



Fuente: Imagen propia.

Figura N°18: Nutrientes para preparar la solución

En el laboratorio: Colocar los 6 L de agua destilada en un balde grande y los 6 ml de cada nutriente (cloruro férrico, cloruro de calcio, sulfuro de magnesio y la solución amortiguadora), luego agitar el preparado y luego coger 1.3 L del preparado y añadir 200 ml de la muestra de agua luego sepáralo en 4 frascos esmerilados y tomar la lectura de uno de ellos y los otros 3 dejar en la incubadora por 5 días para luego medirlos; repetir el mismo procedimiento con cada muestra.

Concentración: $1300/200 = 1/30$



Fuente: Imagen propia.

Figura N°19: Preparado y llenado de frascos para la incubación

Tabla N°16: Resultados del análisis de Demanda Bioquímica de oxígeno

punto de muestreo	DBO (1 día)	DBO (5 día)
HLMIR01-A	8.76 mg/l	5.30 mg/l
		5.10 mg/l
		5.39 mg/l
HLMIR02-A	8.59 mg/l	5.73 mg/l
		5.43 mg/l
		5.17 mg/l
HLMIR03-A	8.75 m/l	5.17 mg/l
		5.68 mg/l
		5.74 mg/l
HLMIR04-A	8.73 m/l	4.78 mg/l
		4.88 mg/l
		5.42 mg/l

Fuente: Elaboración propia.

DBO blanco: 8.67 mg/l

Fórmula para el cálculo:

$$DBO5 \frac{mg}{L} = (OD0 - OD5) \times 50$$

E. Análisis de Fosfatos

Materiales

- 25 filtros
- Papel tisú
- 18 fioles de 50 ml
- Probetas 1000 ml
- 200 ml Agua destilada
- 72 ml Ácido sulfúrico
- 43.2 ml Solución ácido ascórbico
- 21.6 ml Solución molibdato amonio
- 7.2 ml Solución emértico
- Espectrofotómetro UV

En el laboratorio: primero hacemos la preparación de la solución reactivo y luego realizamos la curva de calibración para conocer la concentración (ver procedimiento de preparación).

Filtrar 150 ml de cada muestra y colocarlo en 3 fioles de 50 ml cada una, (total habrá 12 fioles porque hay 4 muestras diferentes).

Procedimiento de preparación de las muestras



Primero echar 8 ml del reactivo,
Luego enrasar con la muestra (42 ml) hasta los 50 ml.



Fuente: Imagen propia.

Figura N°20: Las 12 muestras filtradas en fioas

Preparación de la Solución reactivo

Determinamos la concentración de cada solución para la preparación del reactivo

Tabla N°17: Composición de la solución reactivo

Ácido sulfúrico	50%	72 ml
Solución emértico	5%	7.2 ml
Solución molibdato amonio	15%	21.6 ml
Solución ácido ascórbico	30%	43.2 ml
total	100%	144 ml

Fuente: Elaboración propia.

144 ml \longrightarrow 100 %

Muestras 12 +

Curva de nivel 5

Hija 1

Total 18 x 8 ml de la solución = 144 ml

Curva de calibración

C1: Solución madre 1000 mg/l o ppm

Fórmula:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

$$1000 \times X = 10 \times 100$$

$$X = 1 \text{ ml}$$

C2: Solución hija 10 mg/l en fiola de 100 ml con agua destilada

Tabla N°18: Curva de calibración para fosfato

CÓDIGO	ALICUOTA (ml)	[] mg/l	REACTIVO ml	VOL. DE ENRASE ML CON AGUA DESTILADA
I	0.0	0.0	8	50
II	0.5	0.1	8	50
III	1	0.2	8	50
IV	2	0.4	8	50

Fuente: Elaboración propia.

Fórmula para hallar las alícuotas:

$$C2 \times V2 = C3 \times V3$$

$$10 \times X = 0.1 \times 50$$

$$X = 0.5 \text{ ml}$$

Tabla N°19: Resultado de la curva de calibración para fosfato

CÓDIGO	[] mg/l (X)	Y
I (blanco)	0.0	0 A
II	0.1	0.024 A
III	0.2	0.049 A
IV	0.4	0.0101 A

Fuente: Elaboración propia.

Pasamos los datos a la calculadora y obtenemos los siguientes datos:

$$r= 0.9999$$

$$a= -1.66 \times 10^{-4}$$

$$b= 0.245$$

Fórmula para hallar X:

$$y = a + bX$$

$$x = \frac{y - a}{b}$$

Y: observancia

X: lo que se desea hallar

Utilizamos el Espectrofotómetro UV y colocamos cada una de las muestras en las cubetas en la posición 1 (la cubeta blanca marca cero), y anotamos los resultados



Fuente: Imagen propia.

Figura N°21: El Espectrofotómetro UV

Tabla N°20: Resultados del análisis de fosfatos

MUESTRA	Y	X
HLMIR01-A	0.023 A	0.094555102
HLMIR01-A	0.023 A	0.094555102
HLMIR01-A	0.018 A	0.074146939
HLMIR02-A	0.022 A	0.090473469
HLMIR02-A	0.033 A	0.135371429
HLMIR02-A	0.019 A	0.078228571
HLMIR03-A	0.025 A	0.102718367
HLMIR03-A	0.021 A	0.086391837
HLMIR03-A	0.030 A	0.094555102
HLMIR04-A	0.015 A	0.061902041
HLMIR04-A	0.028 A	0.114963265
HLMIR04-A	0.022 A	0.090473469

Fuente: Elaboración propia.

F. Análisis de Nitratos (4500- NO₃⁻ B Ultravioleta Selectivo)

Materiales

- 25 filtros
- Papel tisú
- 12 fioles de 50 ml
- Probetas 1000 ml
- 200 ml Agua destilada
- Carbón activado
- Espectrofotómetro UV

En el laboratorio: primer realizamos la preparación de la curva patrón: proponer estándares de calibración de NO₃ por dilución 30 ml en los volúmenes de solución intermedia 0, 1, 2, 4, 7.

C1: Patrón N-NO₃=100 mg/L

C2: Solución hija N-NO₃=10 mg/L

Tabla N°21: Curva de calibración para nitratos

CÓDIGO	ALICUOTA (ml)	[] mg/l	VOL. DE ENRASE ML CON AGUA DESTILADA
I	0.0	0.0	50
II	0.5	0.1	50
III	1	0.2	50
IV	2	0.4	50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°22: Resultado de la curva de calibración para nitratos

CÓDIGO	Y	X [] mg/l
I (blanco)	0.0	0
II	0.038A	0.1
III	0.067A	0.2
IV	0.139A	0.4
V	0.200A	0.8
VI	0.401A	1.6
VII	0.820A	3.2

Fuente: Elaboración propia.

Pasamos los datos a la calculadora y obtenemos los siguientes datos:

a= -0.04679

b= 3.9805115

r= 0.99878

Fórmula para hallar X:

$$y = a + bX$$
$$x = \frac{y - a}{b}$$

Tratamiento de muestras: filtramos por el método de carbón activado 150 ml de cada punto muestreado y colocarlo en 3 fioles de 50 ml cada una, (total habrá 12 fioles porque hay 4 muestras diferentes).



Fuente: Imagen propia.

Figura N°22: Las 12 muestras en fioles de 50ml

Medida espectrofotométrica: lea la absorbancia frente al agua relativa ajustada de absorbancia o. la longitud de onda 220 nm para obtener lectura NO₃ – 275 nm para determinar la interferencia debida a materia orgánica disuelta.



Fuente: Imagen propia.

Figura N°23: Utilización del Espectrofotómetro UV

Tabla N°23: Resultados del análisis de nitratos

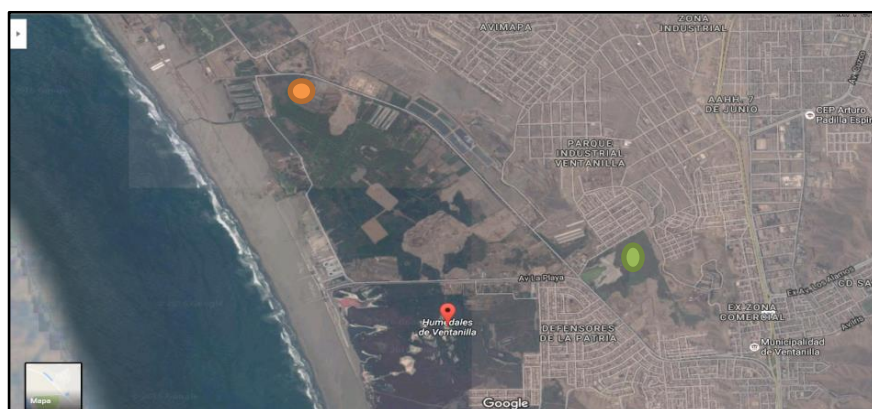
PUNTO DE MUESTREO	Y (220nm)	Y (275nm)
HLMIR01-A	0.611A	0.111A
HLMIR01-B	0.868A	0.241A
HLMIR01-C	0.603A	0.215A
HLMIR02-A	0.724A	0.240A
HLMIR02-B	0.704A	0.190A
HLMIR02-C	0.809A	0.219A
HLMIR03-A	0.783A	0.217A
HLMIR03-B	0.567A	0.232A
HLMIR03-C	0.611A	0.241A
HLMIR04-A	0.795A	0.243A
HLMIR04-B	0.587A	0.212A
HLMIR04-C	0.709A	0.246A

Fuente: Elaboración propia.

2.4.4 Selección y recolección de la especie *Eichhornia crassipes*

Se recolectó la especie *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) del Humedal de Ventanilla, el cual está muy cerca del lugar de investigación.

Este humedal el cual ya alberga a la especie se encuentra en dirección a la margen izquierda de la Av. La playa límite con el mar.



Fuente: Google Earth.

Figura N°24: Ubicación del humedal donde se extrajo la especie

Este humedal es de agua corriente y desemboca en el mar, el agua no presenta olor, ni partículas en suspensión; a pesar de hallarse en un lugar muy contaminado, ya que esta rodea dado de desmontes, basura y de granjas avícolas.

De este lugar los aguateros y las cisternas de la municipalidad extraen el agua que simple vista es limpia para su uso.



Fuente: Imágenes propias.

Figura N°25: Humedal con las especies introducidas

Las especies fueron escogidas según su aspecto y tamaño.



Fuente: Imágenes propias.

Figura N°26: Selección y recolección de la *Eichhornia Crassipes* en Ventanilla

2.4.5 Siembra de la *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua)

La siembra de *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) se realizó en los diferentes puntos establecidos dentro del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla por un periodo de 2 semanas.



Fuente: Imágenes propias.

Figura N°27: Sembrado de la *Eichhornia Crassipes* en el humedal

2.4.6 Crecimiento y Desarrollo de la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua)

El desarrollo de la especie dentro del humedal no fue tan considerable ya solo estuvo 2 semanas por temas admirativos del área que está a cargo del mantenimiento del humedal.

Para poder medir la eficacia de la depuración de la especie, se realizó una prueba a escala laboratorio con 4L muestra de agua de cada uno de los 4 puntos con las 12 unidades de la especie *Eichhornia Crassipes* introducida en los diferentes recipientes por una semana, las cuales luego fueron llevadas para su análisis respectivo en el laboratorio, arrojando niveles más bajos.

Muestreos del agua post- test:

Los muestreos de agua post-test se realizaron después de dos semanas de la siembra dentro del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla y los sembrados a escala laboratorio se analizaron después de una semana para medir su eficacia.

2.5 Variables, Operacionalización

2.5.1 Variable Independiente

- ✓ Depuración de nutrientes con la especie *Eichhornia Crassipes*.

2.5.2 Variable dependiente

- ✓ La Eutrofización del agua

2.5.3 Operacionalización de variables

Tabla N°24: Operacionalización de variables

	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente	Independiente : Remoción de nutrientes con la especie <i>Eichhornia crassipes</i>	Especie que se utiliza para remediar las aguas contaminadas con exceso nutrientes (nitratos y fosfatos).	Evaluar la remoción de nutrientes mediante la eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> y la cantidad de nutrientes presentes en el agua.	D1: La eficiencia de remoción	Capacidad depurativa ci: concentración inicial de nutrientes (mg/L) cf: concentración final de nutrientes (mg/L)	% depuración $\% = \frac{(ci - cf)}{ci} \times 100$ (mg/L)
				D2: Cantidad de nutrientes	Exceso de Nitratos y Fosfatos	ECA Cat.4 E.1 (mg/L)
Variable dependiente	Dependiente: Reducción de la Eutrofización del agua	Exceso de fosfatos y nitratos presentes en el cuerpo de agua, los cuales se limitan de acuerdo con las ECAS-agua.	Evaluar la reducción de la eutrofización del agua mediante los factores que lo favorecen y el grado de agentes contaminantes.	D1: Factores que favorecen la eutrofización	Acumulación de basura	kg
					Filtración de aguas servidas	mg/L
				D2: Grado de agentes contaminantes (parámetros físicos-químicos)	<ul style="list-style-type: none"> • OD • DBO • SST • Ph • T° 	ECA Cat.4 E.1 (mg/L)

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Población y muestra

2.6.1 Población

La población o universo de la investigación es el cuerpo de agua (humedal) del parque ecológico municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla

2.6.2 Muestra

Se consideró como muestra 1 litro (1L) de agua por cada punto en el humedal la cual se llevará al laboratorio con la finalidad de determinar la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos).

Muestreo: Aleatorio Simple, el punto de muestreo de agua fue escogido tomando en consideración el criterio del investigador.

2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla N°25: Técnicas e instrumentos de datos

ETAPA	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Selección del cuerpo de agua a estudiar	Humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao	Observación	Cuadernillo de campo	Humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao
Toma de muestra pre test	Humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao	Muestreo simple	Cuadernillo de campo y los formatos establecidos	Agua contaminada bajos niveles de oxígeno
Recolección del <i>Eichhornia crassipes</i>	Humedales cercanos a Ventanilla	Observación	Cuadernillo de campo	Humedales cercanos en Ventanilla
Siembra de <i>Eichhornia crassipes</i>	Humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao	Experimentación	Cuadernillo de campo	Humedales cercanos con especies sembradas
Crecimiento y Desarrollo de la <i>Eichhornia crassipes</i>	Humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao	Observación	Cuadernillo de campo	12 plantas de la especie <i>Eichhornia Crassipes</i> en cada punto
Muestreo de agua post- test	Humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao	Muestreo simple	Cuadernillo de campo y los formatos establecidos	ECAS-Agua según los niveles establecidos para la Categoría 4 E1.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

2.8 Métodos de Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó mediante la comparación de los resultados obtenidos en los tres análisis para medir la eficiencia de remoción de agentes contaminantes y estos datos fueron llevados a un análisis estadístico descriptivo básico el cual incluye: Media, Máximos y mínimos.

La precisión de los métodos se determinó mediante el uso de fórmulas y se compararon los promedios con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) para la Categoría 4.E1, donde se establecen los niveles máximos o mínimos para los parámetros analizados y con la ayuda del programa computacional EXCEL se creó matriz de datos para cada indicador de la variable dependiente.

2.8.1 Determinación eficiencia de remoción de los agentes contaminantes

La eficiencia de remoción durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de estas, su estacionalidad y el tipo de contaminante a remover (Lacuesta y Cristóbal, 2013). De acuerdo con (Romero, 1999) La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales está determinada por la siguiente ecuación:

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

Dónde:

C_i = Concentración inicial (mg/L)

C_f = Concentración final (mg/L)

2.8.2 Determinación de la eficiencia del oxígeno disuelto a partir del porcentaje de saturación

Según Vernier Software & Technology (2006), nos dice que el término porcentaje de saturación a menudo se usa para las comparaciones de la calidad del agua. El porcentaje de saturación es la lectura de oxígeno disuelto en mg/L dividido por el 100% del valor de oxígeno disuelto para el agua (a la misma temperatura y presión del aire).

$$\text{Porcentaje de saturación} = A / D \times 100$$

La forma en la que el porcentaje de saturación se relaciona con la calidad del agua

Tabla N°26: Porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto

Nivel de OD	Porcentaje de saturación de OD
Súper saturación	≥ 101 %
Excelente	90 – 100 %
Adecuado	80 – 89 %
Aceptable	60 – 79 %
Pobre	< 60 %

Fuente: Vernier Software & Technology (2006)

Tabla N°27: registro de datos para OD (a la misma temperatura y presión del aire)

Columna	A	B	C	D	E
Lectura	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura del agua (° C)	Presión atmosférica (mmHg)	100% oxígeno disuelto (mg/L)	Porcentaje de saturación (%)
Ejemplo	8.2 mg/L	18.4° C	760 mmHg	9.5 mg/L	86 %
1					
2					
				Promedio %	

Procedimiento de columna:

- Registra la lectura de oxígeno disuelto (análisis)
- Registra la temperatura del agua (19.2 °C en campo y 21.3 °C a escala laboratorio).
- Registra la presión atmosférica de un barómetro o usando la altitud (Anexo VI).
- De anexo VI, registra el valor 100% de oxígeno disuelto usando la temperatura medida y la presión atmosférica.

Luego de calcular el porcentaje de saturación, aplicamos la fórmula de variación porcentual para determinar la eficiencia del oxígeno disuelto:

$$\text{Variación porcentual} = ((V_2 - V_1) / V_1) \times 100$$

V_1 representa el valor pasado o inicial

V_2 representa el valor presente o final

2.8.3 Determinación de los niveles de los agentes contaminantes

Para medir estos niveles de los agentes contaminantes, se comparó los resultados de los análisis con las ECA- agua Categoría 4 E1, en donde se pudo concluir si la calidad del agua es óptima para el desarrollo de la vida y aun si se logró reducir la eutrofización.

III. RESULTADOS

3.1.1.1 Nitratos

Cuando se inició con la toma de muestras el humedal, este se encontraba en época de estiaje (análisis 1), por lo tanto, todos los agentes contaminantes se encontraban más concentrados; y para la toma de la segunda muestra después de la siembra (análisis 2), el nivel del agua del humedal había aumentado; estos son los resultados de los análisis de agua para Nitratos, en 4 puntos del humedal en diferentes periodos y condiciones (en campo y a escala laboratorio).

La siguiente tabla muestra los valores del parámetro medido en laboratorio.

Tabla N°28: Resultados del análisis de Nitratos (NO₃)

PUNTOS DE MUESTREO	NO ₃ mg/L (1)	NO ₃ mg/L (2)	NO ₃ mg/L (3)	EFICIENCIA % Depuración (2)	EFICIENCIA % Depuración (3)
HLMIR01-A	2.59	1.95	0.90	24.93%	65.42%
HLMIR01-B	2.77	2.45	1.10	11.58%	60.34%
HLMIR01-C	2.56	1.50	0.98	41.45%	61.71%
HLMIR02-A	2.80	1.88	0.98	32.83%	65.15%
HLMIR02-B	2.43	2.00	0.94	17.71%	61.51%
HLMIR02-C	2.55	2.31	1.15	9.76%	54.91%
HLMIR03-A	2.50	2.21	1.10	11.79%	56.08%
HLMIR03-B	2.48	1.65	0.90	33.67%	63.89%
HLMIR03-C	3.22	1.53	1.16	52.41%	63.82%
HLMIR04-A	3.22	2.15	0.84	33.06%	73.87%
HLMIR04-B	3.31	1.45	0.96	56.23%	70.83%
HLMIR04-C	3.26	1.80	1.02	44.78%	68.79%
PROMEDIOS	2.81	1.91	1.00	32.13%	64.32%

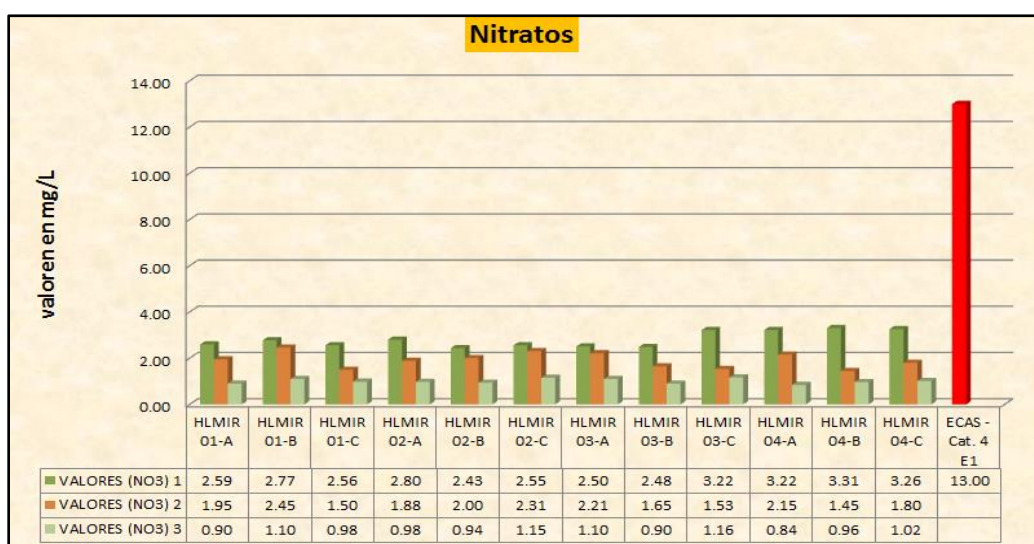
Fuente: Elaboración propia.

- ❖ (1) Análisis pre- test
- ❖ (2) Análisis después Sembrado en el humedal (en campo)
- ❖ (3) Análisis de agua a escala laboratorio

Como podemos apreciar en la **Tabla N° 28**, los niveles de nitratos presentes en el agua han ido descendido; en campo (1 y 2) de: 2.81 mg/L hasta 1.91 mg/L, y lo mismo se puede apreciar si se compara los datos iniciales (1) con los datos a escala laboratorio (3) que es: 2.81 mg/L hasta 1.00 mg/L; entonces se puede decir la *Eichhornia Crassipes* ha logrado reducir los niveles de nitrato tanto en campo porque la especie ha absorbido el

nutriente para su desarrollo además por la infiltración del agua subterránea y a escala laboratorio tiene una mayor reducción porque se presentaron condiciones ideales para el mejor desarrollo de la especie, como; la cantidad de agua y de especie (4 litros de agua y 20 unidades de *Eichhornia Crassipes*) además al no haber un flujo de ingreso y salida de agua este se mantiene constante, por lo tanto podrá disminuir con mayor eficiencia este nitrato.

Como se sabe los niveles de nitratos han ido disminuyendo, comparamos estos valores con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) es su categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático”, estos se encuentran muy por debajo de lo establecido ya sea en campo o a escala laboratorio, ya que para los nitratos el valor tiene que ser menor o igual a 13 mg/L (Ver Anexo II).



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°28: Niveles de Nitratos (NO3) en cada punto de muestreo

Interpretación:

En el **Figura N°28**, se puede observar que los niveles de nitratos están descendiendo, esto es debido a la capacidad que tiene la *Eichhornia Crassipes* para reducir los nutrientes de aguas contaminadas, y también se puede observar que estos niveles aún siguen estando muy por debajo de lo establecido, por lo tanto, se puede decir que la concentración de este nutriente **si cumple** con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Calculando la eficiencia de depuración

Para poder realizar este cálculo se tomó promedios finales comparando la condición (en campo y a escala laboratorio) para determinar en cuál de estos, existe una mayor eficiencia (ver tabla N°27).

- Determinación de la eficiencia en campo (comparación 1 y 2):

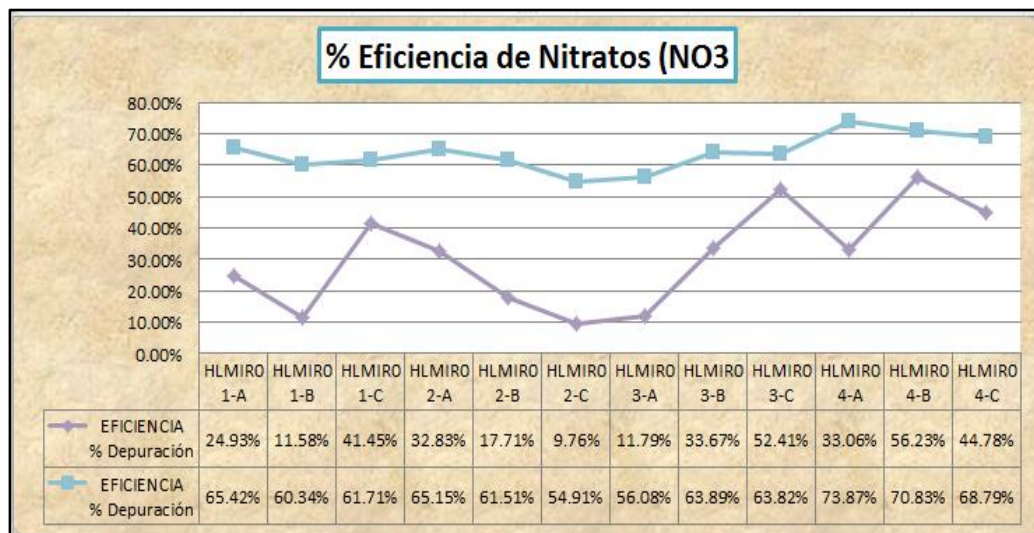
$$\% \text{ depuración en campo} = \frac{(2.81 - 1.91)}{2.81} \times 100$$

$$\% \text{ depuración en campo} = \mathbf{32.02\%}$$

- Determinación de la eficiencia a escala laboratorio (comparación 1 y 3):

$$\% \text{ depuración a escala laboratorio} = \frac{(2.81 - 1)}{2.81} \times 100$$

$$\% \text{ depuración a escala laboratorio} = \mathbf{64.32\%}$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°29: Porcentaje de eficiencia de Nitratos (NO₃)

En la **Figura N°29**, se muestra el comportamiento de la eficiencia del nitrato evaluado en las 2 condiciones, en donde el porcentaje de depuración de **campo** es de **32.02%** y a **escala laboratorio** de **64.32%**; en conclusión la eficiencia a escala laboratorio es mayor que la de campo, porque las condiciones a escala laboratorio son ideales (la cantidad de agua y contaminantes se mantienen constantes) por lo que permite la absorción por parte de la planta. Según Martelo y Lara (2012) en su investigación se pueden alcanzar máximas remociones de nitratos de hasta 98,5% de eficiencia.

3.1.1.2 Fósforo Total

Estos son los resultados de los análisis de agua para Fosforo Total, en 4 puntos diferentes en periodos y condiciones (en campo y a escala laboratorio).

La siguiente tabla muestra los valores del parámetro medido en laboratorio.

Tabla N°29: Resultados del análisis de Fósforo Total

PUNTOS DE MUESTREO	PO ₄ mg/L (1)	PO ₄ mg/L (2)	PO ₄ mg/L (3)	EFICIENCIA % Depuración (2)	EFICIENCIA % Depuración (3)
HLMIR01-A	0.519	0.233	0.095	55.05%	81.78%
HLMIR01-B	0.493	0.262	0.095	46.82%	80.80%
HLMIR01-C	0.317	0.246	0.074	22.53%	76.61%
HLMIR02-A	0.460	0.286	0.090	37.72%	80.33%
HLMIR02-B	0.388	0.241	0.135	37.83%	65.15%
HLMIR02-C	0.390	0.266	0.078	31.88%	79.97%
HLMIR03-A	0.413	0.254	0.103	38.55%	75.12%
HLMIR03-B	0.413	0.225	0.086	45.47%	79.08%
HLMIR03-C	0.368	0.241	0.123	34.38%	66.54%
HLMIR04-A	0.403	0.274	0.062	31.93%	84.63%
HLMIR04-B	0.509	0.295	0.115	42.11%	77.41%
HLMIR04-C	0.439	0.286	0.090	34.83%	79.41%
PROMEDIOS	0.426	0.259	0.096	39.20%	77.57%

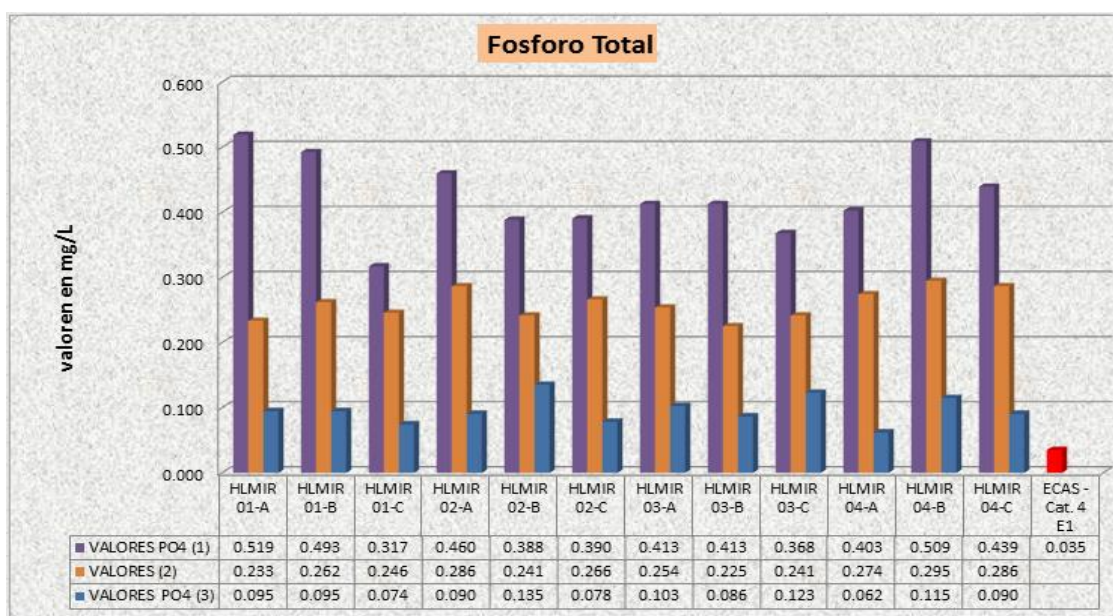
Fuente: Elaboración propia.

- ❖ (1) Análisis pre- test
- ❖ (2) Análisis después Sembrado en el humedal (en campo)
- ❖ (3) Análisis de agua a escala laboratorio

Como podemos ver en la **Tabla N°29**, los niveles de fosforo total presente en el agua han ido descendido, en campo (1 y 2) de: 0.426 mg/L hasta 0.259 mg/L, y lo mismo se puede apreciar si se comparando los datos iniciales (1) con los datos a escala laboratorio (3) que es 0.426 mg/L hasta 0.096 mg/L; entonces se puede decir la *Eichhornia Crassipes* ha logrado reducir los niveles de Fosforo Total; tanto en campo: porque la especie ha absorbido el fosforo total para su desarrollo además por la infiltración del agua subterránea, y a escala laboratorio con una mayor reducción porque se presentaron condiciones ideales para el mejor desarrollo de la especie, como: la cantidad de agua y

de especie (4 litros de agua y 20 unidades de *Eichhornia Crassipes*) además al no haber un flujo de ingreso y salida de agua, este mantiene constante los niveles de agentes contaminantes, por lo tanto podrá disminuir con mayor rapidez y eficiencia el fósforo total presente en el agua.

Luego de obtener los resultados es necesario comparar los valores con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) es su categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático”, estos están por encima de lo establecido, ya que en campo (0.259 mg/L) y a escala laboratorio (0.096 mg/L), y fosfatos el valor tiene que ser 0.035 mg/L (Ver Anexo II).



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°30: Niveles de Fósforo Total en cada punto de muestreo

Interpretación:

En la **Figura N°30**, se observa que los niveles de Fósforo Total están descendiendo, esto es debido a la capacidad que tiene la especie *Eichhornia Crassipes* para reducir los nutrientes de aguas contaminadas, sin embargo, aún dichos niveles están por encima de lo establecido, por lo tanto, se puede decir que la concentración de estos existentes en el humedal **No cumple** con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Calculando la eficiencia de depuración

Para poder realizar este cálculo se tomó promedios finales comparando las condiciones (en campo y a escala laboratorio) para determinar en cuál de estos, existe mayor eficiencia (Ver tabla N°28).

- Determinación de la eficiencia en campo (comparación 1 y 2):

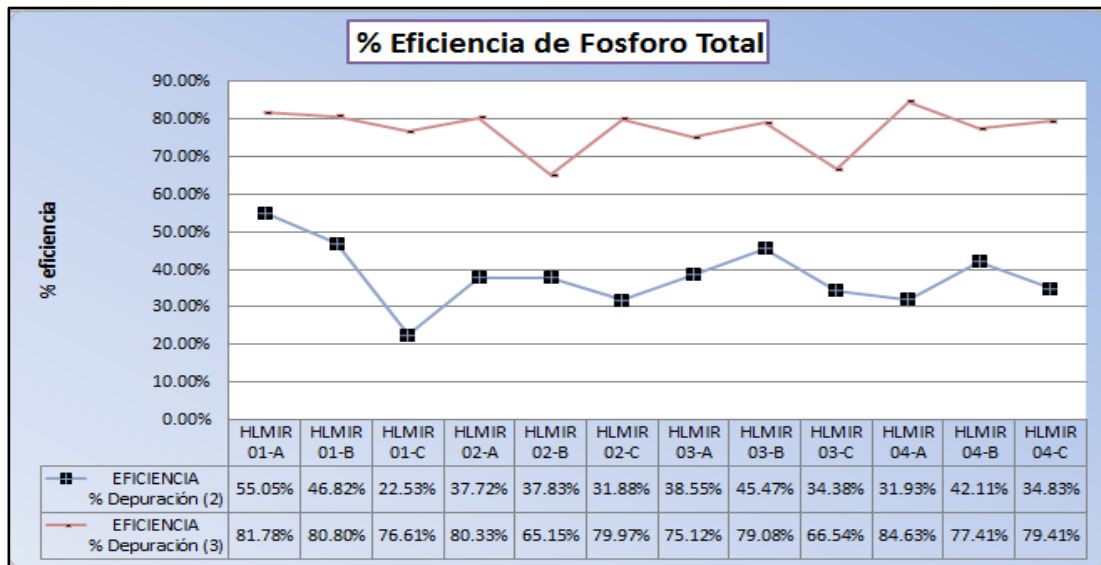
$$\% \text{ depuración en campo} = \frac{(0.426 - 0.259)}{0.426} \times 100$$

$$\% \text{ depuración en campo} = 39.20\%$$

- Determinación de la eficiencia a escala laboratorio (comparación 1 y 3):

$$\% \text{ depuración a escala laboratorio} = \frac{(0.426 - 0.096)}{0.426} \times 100$$

$$\% \text{ depuración a escala laboratorio} = 77.57\%$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°31: Porcentaje de eficiencia de Fósforo Total

En el **Figura N°31**, se muestra el comportamiento del nutriente fósforo total evaluado en las 2 condiciones, en donde se muestra el porcentaje de depuración: en **campo** es de **39.20%** y **a escala laboratorio** es de **77.57%**, en conclusión la eficiencia a escala laboratorio es mayor que la de campo, porque las condiciones a escala laboratorio son ideales, y según Martelo y Lara (2012) en su investigación se pueden alcanzar máximas remociones de fosforo total de 91,7% de eficiencia.

3.1.1.3 Oxígeno Disuelto

Estos son los resultados de los análisis de agua para Oxígeno Disuelto, en 4 puntos diferentes en periodos y condiciones (en campo y a escala laboratorio).

La siguiente tabla muestra los valores del parámetro medido en laboratorio.

Tabla N°30: Resultados del análisis de Oxígeno Disuelto

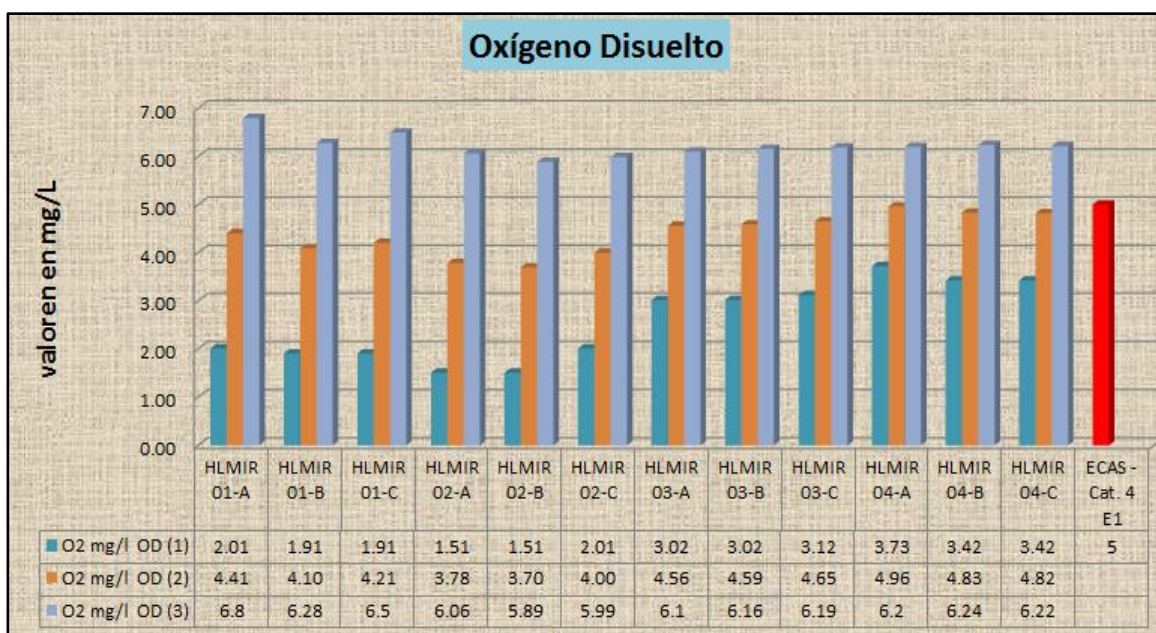
PUNTOS DE MUESTREO	O2 mg/L OD (1)	% de Saturación (1)	O2 mg/L OD (2)	% de Saturación (2)	O2 mg/L OD (3)	% de Saturación (3)	Eficiencia (2)	Eficiencia (3)
HLMIR01-A	2.01	21.54	4.41	47.13	6.8	75.56	46.13%	74.56%
HLMIR01-B	1.91	20.45	4.10	43.81	6.28	69.78	42.81%	68.78%
HLMIR01-C	1.91	20.45	4.21	44.98	6.5	72.22	43.98%	71.22%
HLMIR02-A	1.51	16.15	3.78	40.48	6.06	67.33	39.48%	66.33%
HLMIR02-B	1.51	16.15	3.70	39.57	5.89	65.44	38.57%	64.44%
HLMIR02-C	2.01	21.53	4.00	42.79	5.99	66.56	41.79%	65.56%
HLMIR03-A	3.02	32.29	4.56	48.77	6.1	67.78	47.77%	66.78%
HLMIR03-B	3.02	32.30	4.59	49.09	6.16	68.44	48.09%	67.44%
HLMIR03-C	3.12	33.37	4.65	49.79	6.19	68.78	48.79%	67.78%
HLMIR04-A	3.73	39.84	4.96	53.07	6.2	68.89	52.07%	67.89%
HLMIR04-B	3.42	36.60	4.83	51.67	6.24	69.33	50.67%	68.33%
HLMIR04-C	3.42	36.60	4.82	51.56	6.22	69.11	50.56%	68.11%
PROMEDIOS	2.55	27.27	4.38	46.89	6.22	69.10	45.89%	68.10%

Fuente: Elaboración propia

- ❖ (1) Análisis pre- test
- ❖ (2) Análisis después Sembrado en el humedal (en campo)
- ❖ (3) Análisis de agua a escala laboratorio

Como podemos apreciar en la **Tabla N°30**, los niveles de Oxígeno Disuelto presente en el agua han ido aumentando; en campo (1 y 2) de: 2.55 mg/L hasta 4.38 mg/L, y lo mismo se puede apreciar si se comparando los datos iniciales (1) con los datos a escala laboratorio (3) que es 2.55 mg/L hasta 6.22 mg/L; también se representaron estos mismos datos en términos de % de saturación, en donde intervienen factores de temperatura (en campo= 19.2°C y a escala laboratorio= 21.3°C) y presión atmosférica (nivel de mar); para saber en qué condiciones se encuentra la calidad del agua con respecto al oxígeno; se puede decir la *Eichhornia Crassipes*, ha logrado aumentar los niveles de Oxígeno Disuelto,

en el humedal porque la especie aportó oxígeno y además que aumento el nivel del agua por estar en época de verano, ya que se notó una disminución de materia orgánica; en cambio **a escala laboratorio** ha tenido un incremento considerable, ya que se presentaron condiciones ideales para el mejor desarrollo de la especie, como la cantidad de agua y de especie, para este caso se utilizó 4 litros de agua y 20 unidades de *Eichhornia Crassipes*, además al no haber un flujo de ingreso y salida de agua, este podrá disminuir con mayor rapidez ya que se mantiene la misma cantidad de agua y contaminantes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°32: Niveles de Oxígeno Disuelto en cada punto de muestreo

Interpretación:

En la **Figura N°32**, Luego de tener los resultados de los análisis, es necesario comparar estos valores obtenidos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) es su categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático”, **En campo** se obtuvo un promedio de: **4.38 mg/L** luego de la siembra de la especie) entonces **no cumple** con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua por estar por debajo de lo establecido, por lo tanto, el agua aun no es apta para el desarrollo de las especies.

A **escala laboratorio** se obtuvo: **6.22 mg/L**, superando el valor mínimo que para Oxígeno Disuelto es de ≥ 5 mg/L por lo tanto **si cumple** con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Ver Anexo II).

Calculando la eficiencia del oxígeno disuelto a partir del porcentaje de saturación

Para poder realizar este cálculo se tomó promedios finales de cada análisis de oxígeno disuelto (ver tabla N°29).

- Determinación del % de saturación en **campo** (1 y 2):

$$\% \text{ de saturación de OD en campo} = \frac{(4.38)}{9.35} \times 100$$

$$\% \text{ depuración en campo} = 46.84\%$$

- Determinación del % de saturación **a escala laboratorio** (1 y 3):

$$\% \text{ de saturación de OD a escala laboratorio} = \frac{(6.22)}{9} \times 100$$

$$\% \text{ depuración a escala laboratorio} = 69.10\%$$

Luego de obtener el porcentaje de saturación, ubicamos los valores en la **Tabla N° 23 Porcentaje de saturación del Oxígeno Disuelto**, en donde observamos que la condición **en campo** el Oxígeno Disuelto es **pobre**; en cambio **a escala laboratorio** el nivel es **aceptable**.

Nivel de OD	Porcentaje de saturación de OD
Súper saturación	≥ 101 %
Excelente	90 – 100 %
Adecuado	80 – 89 %
Aceptable	60 – 79 %
Pobre	< 60 %

Luego para calcular la variación porcentual a partir del porcentaje de saturación:

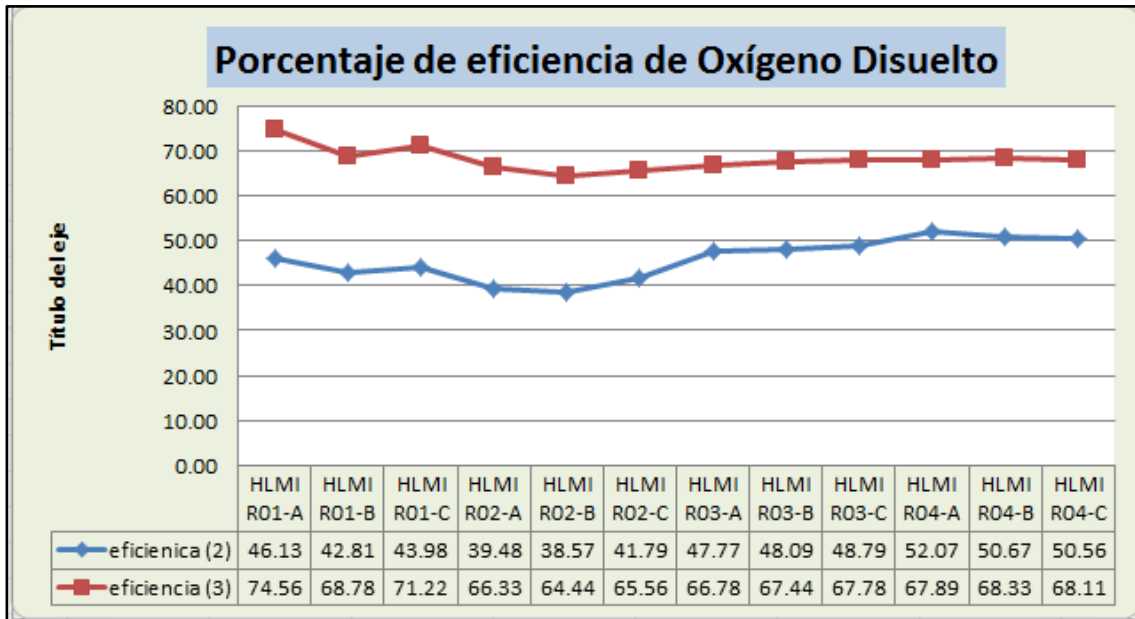
Aplicamos la fórmula:

- Determinación de la eficiencia a partir del porcentaje de saturación en campo (1 y 2):

$$\text{variación porcentual en campo} = \frac{(46.89 - 27.27)}{27.27} = 45.89\%$$

- Determinación de la eficiencia a partir del porcentaje de saturación a escala laboratorio (1 y 3):

$$\text{variación porcentual a escala laboratorio} = \frac{(69.10 - 27.27)}{27.27} = 68.10\%$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°33: Porcentaje de eficiencia del Oxígeno Disuelto

Interpretación:

En el **Figura N°33**, se muestra el comportamiento de la eficiencia del oxígeno disuelto evaluado en las 2 condiciones: en **campo** es de **46.89%** y a **escala laboratorio** es de **68.10%**; en conclusión la eficiencia a escala laboratorio es mayor que la de campo, porque las condiciones a escala laboratorio son ideales, ya que se pudo controlar la cantidad de especies y agua para tener un alto rendimiento, por lo que la especie pudo aumentar el oxígeno en el agua, lo mismo concluye García (2012) Con respecto al parámetro de Oxígeno Disuelto, solo hubo presencia de remoción en un **73%** en el reactor cubierto con *Eichhornia Crassipes*.

3.1.1.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Estos son los resultados de los análisis de agua para Demanda Bioquímica de Oxígeno, en 4 puntos diferentes en periodos y condiciones (en campo y a escala laboratorio).

La siguiente tabla muestra los valores del parámetro medido en laboratorio.

Tabla N°31: Resultados del análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

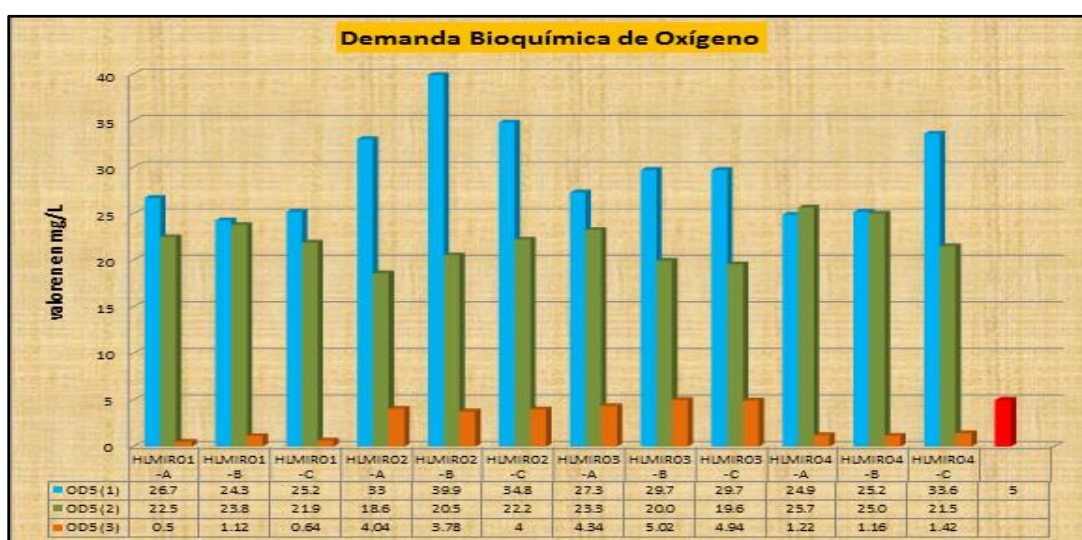
PUNTOS DE MUESTREO	OD5 mg/L (1)	OD5 mg/L (2)	OD5 mg/L (3)	EFICIENCIA % Depuración (2)	EFICIENCIA % Depuración (3)
HLMIR01-A	26.7	22.5	0.5	15.77%	98.13%
HLMIR01-B	24.3	23.8	1.12	2.10%	95.39%
HLMIR01-C	25.2	21.9	0.64	13.08%	97.46%
HLMIR02-A	33	18.6	4.04	43.67%	87.76%
HLMIR02-B	39.9	20.5	3.78	48.52%	90.53%
HLMIR02-C	34.8	22.2	4	36.12%	88.51%
HLMIR03-A	27.3	23.3	4.34	14.76%	84.10%
HLMIR03-B	29.7	20.0	5.02	32.81%	83.10%
HLMIR03-C	29.7	19.6	4.94	34.12%	83.37%
HLMIR04-A	24.9	25.7	1.22	-3.11%	95.10%
HLMIR04-B	25.2	25.0	1.16	0.69%	95.40%
HLMIR04-C	33.6	21.5	1.42	35.97%	95.77%
PROMEDIOS	29.53	22.05	2.68	25.33%	90.95%

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ (1) Análisis pre- test
- ❖ (2) Análisis después Sembrado en el humedal (en campo)
- ❖ (3) Análisis de agua a escala laboratorio

Como podemos apreciar en la **Tabla N°31**, los niveles de la Demanda bioquímica de oxígeno presentes en el agua han ido descendido; **en campo** (1 y 2) de: 29.53 mg/L hasta 22.05 mg/L, y lo mismo se puede apreciar si se compara los datos iniciales (1) con los datos **a escala laboratorio** (3) que es: 29.53 mg/L hasta 2.68 mg/L y en este caso se ha tenido una reducción considerable; entonces se puede decir la *Eichhornia Crassipes* ha logrado reducir los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno; **en campo** porque se observó una disminución de la cantidad de materia orgánica que consumía este oxígeno y además las plantas suministran una proporción de Oxígeno necesaria.

En cambio **a escala laboratorio** ha tenido una disminución considerable, ya que se presentaron condiciones ideales para la reducción de la materia orgánica, como la cantidad de agua, de especie, sólidos en suspensión, microorganismo y la materia en descomposición; ya que en este caso se sedimentan cayendo al fondo del sistema por gravedad y por el aporte de adecuado de los microorganismos presentes generando la reducción de la carga, así lo reafirma Curt (2008) que la materia orgánica en descomposición está en forma de partícula la cual se sedimenta y en el intervienen organismos vivos los cuales influyen de manera drástica con la disponibilidad del oxígeno, pH y temperatura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°34: Niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno en cada punto de muestreo

Interpretación:

En el **Figura N°34**, Luego de tener los resultados es necesario comparar estos valores obtenidos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) es su categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático, para el nivel **en campo**, este se encuentra muy por encima de lo establecido con 22.05 mg/L entonces **no cumple** con los estándares; en cambio **a escala laboratorio** es de: 2.68 mg/L, se encuentra dentro de lo establecido para la Demanda Bioquímica de Oxígeno ya que tiene que ser menor a 5 mg/l, por lo tanto si **cumple** con los estándares (Ver Anexo II).

Calculando la eficiencia de depuración

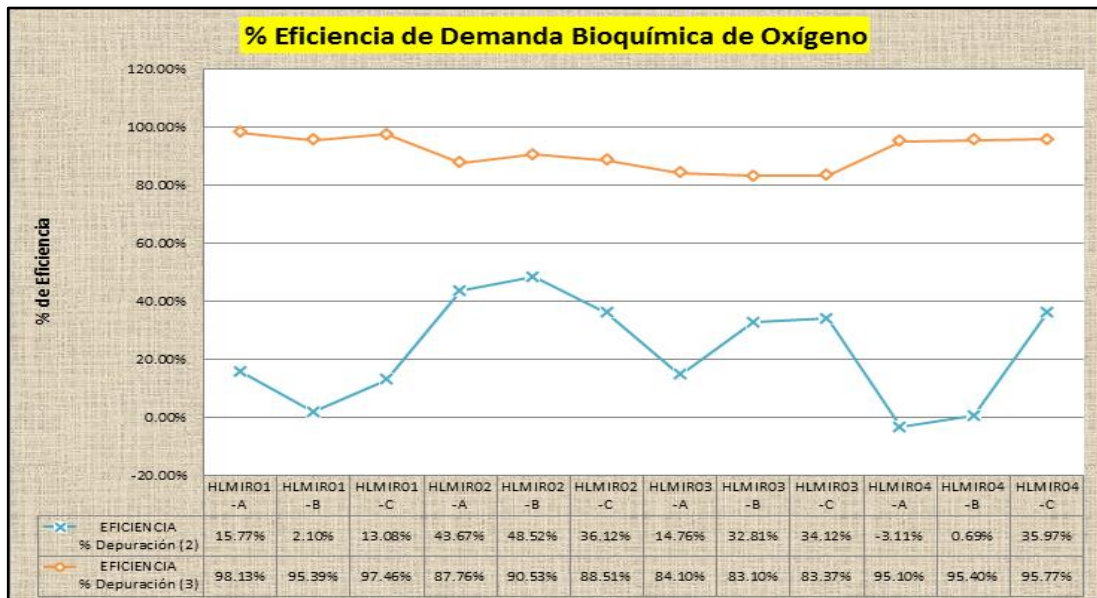
Para poder realizar este cálculo se tomó promedios finales de cada análisis de sólidos suspendidos totales (ver tabla N°30).

- Determinación de la eficiencia **en campo** (1 y 2):

$$\% \text{ depuración en campo} = \frac{(29.53 - 22.05)}{29.53} \times 100 = 25.33\%$$

- Determinación de la eficiencia **a escala laboratorio** (1 y 3):

$$\% \text{ depuración a escala laboratorio} = \frac{(29.53 - 2.68)}{29.63} \times 100 = 90.95\%$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°35: Porcentaje de eficiencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

En el **Figura N°35**, Se observa que la eficiencia **a escala laboratorio** es de **90.95%**, y la de **campo** es de **25.33%**, en conclusión la eficiencia a escala laboratorio es mayor que la de campo, porque las condiciones a escala laboratorio son ideales, ya que se pudo controlar la cantidad de especie, agua, sólidos en suspensión y materia orgánica en descomposición, para tener así un alto rendimiento, por lo que la especie pudo aumentar el oxígeno en el agua, lo mismo concluye García (2012) Con respecto a la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO5 fue del **96.7%**.

3.1.1.5 Sólidos Suspendidos Totales

Estos son los resultados de los análisis de agua para Sólidos Suspendidos Totales, en 4 puntos diferentes en periodos y condiciones (en campo y a escala laboratorio).

La siguiente tabla muestra los valores del parámetro medido en laboratorio.

Tabla N°32: Resultados del análisis de Sólidos Suspendidos Totales

PUNTOS DE MUESTREO	SST mg/L (1)	SST mg/L (2)	SST mg/L (3)	EFICIENCIA % Depuración (2)	EFICIENCIA % Depuración (3)
HLMIR01-A	37	39	17	-5.41%	54.05%
HLMIR01-B	87	13	12	85.06%	86.21%
HLMIR01-C	80	52	14	35.00%	82.50%
HLMIR02-A	119	45	13	62.18%	89.08%
HLMIR02-B	116	34	9	70.69%	92.24%
HLMIR02-C	99	21	17	78.79%	82.83%
HLMIR03-A	121	85	18	29.75%	85.12%
HLMIR03-B	117	48	13	58.97%	88.89%
HLMIR03-C	135	86	22	36.30%	83.70%
HLMIR04-A	152	17	18	88.82%	88.16%
HLMIR04-B	121	18	20	85.12%	83.47%
HLMIR04-C	134	7	11	94.78%	91.79%
PROMEDIOS	109.83	38.75	15.33	64.72%	86.04%

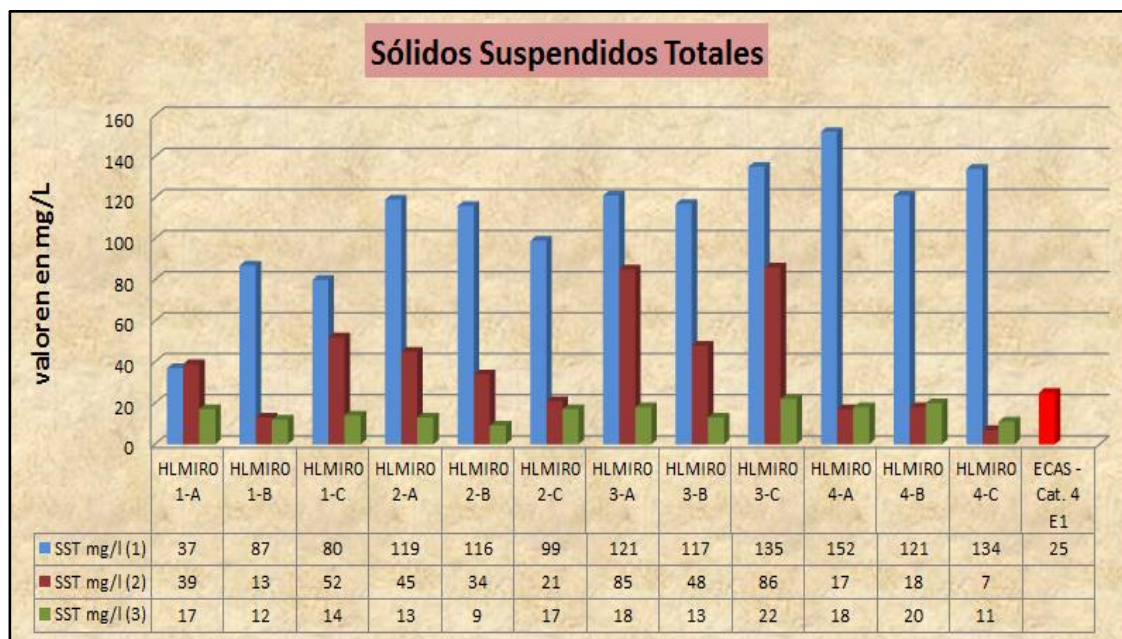
Fuente: Elaboración propia

- ❖ (1) Análisis pre- test
- ❖ (2) Análisis después Sembrado en el humedal (en campo)
- ❖ (3) Análisis de agua a escala laboratorio

Como podemos apreciar en la **Tabla N°32**, los niveles de Sólidos Suspendidos Totales presentes en el agua han ido descendido; **en campo** (1 y 2) de: 109.83 mg/L hasta 38.75 mg/L, y lo mismo se puede apreciar si se compara los datos iniciales (1) con los datos **a escala laboratorio** (3) que es: 109.83 mg/L hasta 15.33 mg/L y en este caso se ha tenido una reducción considerable; entonces se puede decir que la reducción de sólidos suspendidos totales **a escala laboratorio** es más eficiente respecto a los otros.

Aunque las reducciones de SST de los sistemas de tratamientos son muy altos, las pequeñas variaciones se deben a factores importantes como la granulometría, porosidad

del medio y a la movilidad del agua en el humedal; ya que en los humedales con medios, los espacios son reducidos, estos absorben sólidos y se saturan con respecto a la carga aplicada según Velasco (2010) además al no haber un flujo de ingreso y salida de agua, esta cantidad es constante, ya que se mantiene la misma cantidad de agua y sólidos suspendidos en el agua.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°36: Niveles de Sólidos suspendidos totales en cada punto de muestreo por gravimetría

Interpretación:

Luego de tener los resultados es necesario comparar estos valores obtenidos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) es su categoría 4 "Conservación del Ambiente Acuático, para los Sólidos Totales el valor tiene que ser \leq a 25 mg/l. Como se puede apreciar en **Figura N° 36**, el nivel de sólidos suspendidos totales en campo (1 y 2) **no cumplen** con Estándares, ya que se ha tenido una reducción considerable de SST, inicialmente en promedio teníamos 109.83 mg/L a 38.75; por lo contrario, escala laboratorio (3) si **cumple** con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, ya que se ha tenido una reducción considerable de 109.83 mg/L el cual llego hasta 15.33 mg/L.

Calculando la eficiencia de depuración

Para poder realizar este cálculo se tomó promedios finales de cada análisis de sólidos suspendidos totales (ver tabla N°31).

- Determinación de la eficiencia en campo (comparación 1 y 2):

$$\% \text{ depuración en campo} = \frac{(109.83 - 38.75)}{109.83} \times 100 = 64.72\%$$

- Determinación de la eficiencia a escala laboratorio (comparación 1 y 3):

$$\% \text{ depuración a escala laboratorio} = \frac{(109.83 - 15.33)}{109.83} \times 100 = 86.04\%$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°37: Porcentaje de eficiencia de Sólidos Suspendidos Totales

Interpretación:

Se observa en la **Figura N°37**, que la eficiencia en campo (2) es de 64.72%, y a escala laboratorio (3) que es 86.04%, en conclusión la eficiencia a escala laboratorio es mayor que la de campo, porque las condiciones a escala laboratorio son ideales, ya que se pudo controlar la cantidad de especies y agua para tener un alto rendimiento, por lo que la especie pudo controlar la cantidad de sólidos en suspensión, lo mismo concluye Martelo y Lara (2012) En el caso de los sólidos suspendidos se registran disminuciones con valores que se encuentran en el rango de 21% y 91%.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados con respecto a la depuración de nutrientes mediante la especie *Eichhornia Crassipes* en campo (2) y a escala laboratorio (3), son significativos ya que se logró depurar y disminuir la concentración inicial de nutrientes, en la mayoría de los parámetros se obtuvo una gran eficiencia a escala laboratorio. En cuanto a la eficiencia todos los parámetros fisicoquímicos lograron un gran porcentaje de depuración y también llegó establecerse por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, salvo en el Fosforo Total.

En los análisis de agua para Nitratos, los resultados están muy por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua de Categoría 4.E1 que para los Nitratos es de 13 mg/L. ya el promedio del resultado inicial fue de 2.81 mg/L, en campo de 1.91 mg/L, y a escala laboratorio de 1.00 mg/L; en términos de eficiencia esto viene a ser **campo** es de **32.02%** y **a escala laboratorio** de **64.32%**;, entonces se puede decir, que la concentración nitrato existente en el humedal como a escala laboratorio **cumplen** con Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, y en cuanto a la eficiencia se observa que la eficiencia a escala laboratorio es de mayor a la de campo; debido a que en el primer caso se pudo controlar las condiciones para optimizar la capacidad depurativa de la especie, Estos resultados coinciden con lo dicho por García (2012), señala como conclusión que la especie más eficiente en la capacidad de depuración de nutrientes es la *Eichhornia Crassipes* siendo capaz de remover un 100% en Nitrógeno Amoniacal y para el Fosforo Total, tuvo un resultado de 52%.

En el análisis de Fosfatos, los resultados obtenidos nos mostraron que los niveles **no cumplen** por estar por encima de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua de Categoría 4.E1 para Fosforo Total que es 0.035 mg/L, ya que inicialmente teníamos 0.426 mg/L, en campo de 0.259 mg/L y a escala laboratorio de 0.096 mg/L; en términos de eficiencia esto viene a ser en **campo** es de **39.20%** y **a escala laboratorio** es de **77.57%**, en conclusión la eficiencia a escala laboratorio es mayor que la de campo, porque las condiciones a escala laboratorio son ideales (control de la cantidad de agua y especie), por ello la especie pudo absorber este nutriente además al no haber un flujo de ingreso y salida de agua como el que se da en el humedal, este podrá disminuir con

mayor rapidez y eficiencia el fosforo total y estos resultados concuerdan con Martelo y Lara (2012) en su investigación se logró alcanzar máximas remociones de fosforo total de 91,7% por lo la especie puede remover altas cantidades de fosfatos.

En el análisis de agua para determinar la cantidad de Oxígeno Disuelto, los resultados nos mostraron que solo a escala laboratorio se pudo establecer por encima los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua de Categoría 4.E1 que para Oxígeno Disuelto que es ≥ 5 , y el valor promedio de este análisis (3) es de 6.22 mg/L. En todo momento los niveles de Oxígeno Disuelto presente en el agua han ido aumentando; en campo (1 y 2) de: 2.55 mg/L hasta 4.38 mg/L, y lo mismo se puede apreciar si se comparando los datos iniciales (1) con los datos a escala laboratorio (3) que es 2.55 mg/L hasta 6.22 mg/L; estos mismos datos se representaron en % de saturación, donde intervienen factores de temperatura (en campo= 19.2°C y a escala laboratorio= 21.3°C) y presión atmosférica (nivel de mar); para saber en qué condiciones se encuentra la calidad del agua con respecto al oxígeno; obteniendo una eficiencia evaluado en las 2 condiciones: en **campo de 46.89%** y **a escala laboratorio de 68.10%**; se puede decir la *Eichhornia Crassipes*, ha logrado aumentar los niveles de Oxígeno Disuelto, en el humedal porque la especie aportó oxígeno y además por qué aumento el nivel del agua por estar en época de verano, ya que se notó una disminución de materia orgánica; en cambio **a escala laboratorio** se ha tenido un incremento considerable, ya que se presentaron condiciones ideales para el mejor desarrollo de la especie, además al no haber un flujo de ingreso y salida de agua como, este podrá disminuir con mayor rapidez ya que se mantiene la misma cantidad de agua y contaminantes; lo mismo concluye García (2012) Con respecto al parámetro de Oxígeno Disuelto, solo hubo presencia de remoción en un **73%** en el reactor cubierto con *Eichhornia Crassipes*

Los resultados obtenidos sobre los niveles de la Demanda Bioquímica de Oxígeno nos indicaron que solo en condiciones de escala laboratorio se logró establecer por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua de Categoría 4.E1 para la Demanda Bioquímica de Oxígeno que es 5 mg/L ya que el valor promedio de este análisis (3) es de 2.68 mg/L , en todo momento los niveles de la Demanda bioquímica de oxígeno presentes en el agua han ido descendido; **en campo** (1 y 2) de: 29.53 mg/L hasta 22.05 mg/L, y lo mismo se puede **a escala laboratorio** (3) que es: 29.53 mg/L hasta 2.68

mg/L; en términos de eficiencia **a escala laboratorio** es de **90.95%**, y la de **campo** es de **25.33%**, y en este caso se ha tenido una reducción considerable; entonces se puede decir la *Eichhornia Crassipes* ha logrado reducir los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno; **en campo** porque se observó una disminución de la cantidad de materia orgánica que consumía este oxígeno y además las plantas suministran una proporción de Oxígeno necesaria. En cambio **a escala laboratorio** ha tenido una disminución considerable, ya que se presentaron condiciones ideales para la reducción de la materia orgánica, como: la cantidad de agua, de especie, sólidos en suspensión, microorganismo y la materia en descomposición; ya que en este caso se sedimentan cayendo al fondo del sistema por gravedad, además al no haber infiltración de agua este se mantiene constante, así lo reafirma Curt (2008) que la materia orgánica en descomposición está en forma de partícula la cual se sedimenta y en el intervienen organismos vivos los cuales influyen de manera drástica con la disponibilidad del oxígeno, lo mismo concluye García (2012) con respecto a la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, que se puede obtener una eficiencia de **96.7%**

En el análisis de sólidos suspendidos totales se puede apreciar que solo en el caso de escala laboratorio se pudo establecer por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua de Categoría 4.E1 para Sólidos Suspendidos Totales que es ≤ 25 mg/L, ya que el valor promedio de este análisis fue 15.33 mg/L, sin embargo, los niveles de Sólidos Suspendidos Totales presentes en el agua han ido descendido; **en campo** (1 y 2) de: 109.83 mg/L hasta 38.75 mg/L, y lo mismo se puede apreciar si se compara los datos iniciales (1) con los datos **a escala laboratorio** (3) que es: 109.83 mg/L hasta 15.33 mg/L, en términos de la eficiencia en campo (2) es de 64.72%, y a escala laboratorio (3) que es 86.04%, en conclusión la eficiencia a escala laboratorio es mayor que la de campo, y en este caso se ha tenido una reducción considerable; entonces se puede decir que la reducción de sólidos suspendidos totales **a escala laboratorio** es más eficiente, debido a factores de granulometría y a la movilidad del agua en el humedal; ya que en los humedales con medios, los espacios son reducidos, estos absorben sólidos y se saturan según Velasco (2010); Martelo y Lara (2012) concluyen que en el caso de los sólidos suspendidos se registran disminuciones con valores que se encuentran en el rango de 21% y 91%.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Se logró el objetivo de remover de nutrientes con *Eichhornia Crassipes* para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla de manera significativa ya que inicialmente tenían en nitratos 2.81mg/L paso a 1.91mg/L y de Fosforo Total 0.426 mg/L a 0.259mg/L. y de agentes contaminantes como: Oxígeno Disuelto de 2.55mg/L a 4.38 mg/L, Demanda bioquímica de oxígeno de 29.53 mg/L a 22.05 mg/L y Solidos suspendidos totales de 109.83 mg/L a 38.75 mg/L.
- ✓ Se determinó que la eficiencia de remoción con la *Eichhornia Crassipes* para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao fue de 32.012 % en nitratos, 39.20% en Fosforo Total, en cuanto a la hipótesis que sería un 100% de reducción de nutrientes no se logró llegar a la eficiencia máxima ya que en el humedal hay condiciones y factores que intervienen como: la variación del flujo del agua debido a la infiltración del aguas subterráneas las cuales alteran la cantidad de estos nutrientes y la cantidad especies que se sembraron en el humedal.
- ✓ Se determinó que la eficiencia los niveles de reducción de los agentes contaminantes del agua del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao fueron de 45.89% de Oxígeno Disuelto, 25.33% de Demanda bioquímica de oxígeno y 64.72% de Solidos suspendidos totales, en cuanto a la hipótesis que sería un 100% de disminución de agentes contaminantes no se logró llegar a la eficiencia máxima ya que el humedal presenta condiciones y factores que intervienen como: la variación del flujo del agua debido a la infiltración del aguas subterráneas las cuales alteran la cantidad de estos nutrientes y la cantidad especies que se sembraron en el humedal, lo dificulta poder conseguir el gran rendimiento.
- ✓ En conclusión, se logró cumplir con todos los objetivos gracias a la eficiencia de la especie *Eichhornia Crassipes* ya que pudo realizar la reducción de los nutrientes y agentes contaminantes de una manera eficiente cumpliendo con las exigencias del Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM) es su categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Las empresas industriales aledaña que vierten sus efluentes en pozos artesanales, los que luego se infiltran terminado en el humedal, deben mejorar sus procesos y tomar conciencia del daño que se general al humedal. Ya que estos influyen en la calidad del agua del humedal.
- ✓ Se recomienda el uso de la especie *Eichhornia Crassipes* para la depuración del exceso de nutrientes y para aumentar el Oxígeno disuelto en el agua, ya que esta especie tiene un gran rendimiento y se adapta fácilmente a los diversos climas, es amigable con el medio ambiente, solo necesita de un cuidado continuo, ya que se reproduce rápidamente.
- ✓ Para la utilización de la especie *Eichhornia Crassipes* en la depuración de nutrientes se debe tener en consideración que esta especie al momento de sembrarla tenga brotes, ya que la planta sembrada por trasplante no se adapta fácilmente; pero sí se adaptan los brotes que crecen y se reproducen de manera rápida y son eficaces en la depuración de aguas contaminadas en un corto plazo.
- ✓ Se recomienda tomar en cuenta siempre los protocolos de monitoreo para un correcto levantamiento de datos y hay que recordar que es necesario que los monitoreos se realicen por épocas del año y así obtener datos mucho más representativos.
- ✓ Se recomienda profundizar en más estudios y así conocer el real efecto de la contaminación del agua en el ecosistema del humedal el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” de Ventanilla.
- ✓ Por último, es recomendable que se realicen más investigaciones utilizando las diversas plantas acuáticas existentes en el Perú con la finalidad de conocer su capacidad y sus propiedades en la depuración de contaminantes, así como también para que puedan ser utilizadas con mayor seguridad en este tipo de depuración y fomentar el uso de esta especie *Eichhornia Crassipes* en la depuración de nutrientes, teniendo en consideración que esta especie posee una gran eficacia en la depuración.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDELO, Lina, MACIAS, Karina y SUÁREZ, Alfredo. Fitorremediación: La alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. Revista Lasallista de Investigación. Vol. 2 (1). Enero - junio 2005. Fecha de consulta [25 de julio 2016].
Enlace: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520110.pdf>
ISSN 1794-4449

ANDRADE Jiménez, Kelvin. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Eichhornia Crassipes* Mart (Jacinto de agua), *Pistia Stratiotes* L. (lechuga de agua) en el tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Parroquia Unión Milagreña del cantón joya de los Sachas, Provincia de Orellana. Trabajo de titulación (Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente). Nueva Loja, Ecuador; DoucUC, Universidad Nacional de Loja, 2015. 147pp.

ARGENBIO. Biorremediación: organismos que limpian el ambiente. El Cuaderno de Por Qué Biotecnología, 36(1): 3-7, 2006.

ARROYAVE, María del Pilar. La lenteja de Agua (Lemna Minor L.): Una Planta Acuática Promisoria. Revista EIA, núm. 1, pp. 33-38, 2004. Escuela de Ingeniería de Antioquia Envigado, Colombia.
Enlace: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149217763003>

AYUNI Campos, Lizeth. Fitorremediación para la reducción de la eutrofización en la laguna del área natural protegida pantanos de villa, chorrillos. Trabajo de titulación (Ingeniero Ambiental). Lima, Perú; DoucUC, Universidad Alas Peruanas, 2012. 39pp.

CARRION, Cristóbal, PONCEDE LEÓN, Claudia y CRAM, Silke. Aprovechamiento Potencial del Lirio Acuático (*Eichhornia Crassipes*) en Xochimilco para Fitorremediación de Metales. vol.46 no.6, México, D. F. Agrociencia, 2012. 6pp.
ISSN 1405-3195

C. de Espinoza, María. Procedimientos simplificados de análisis químicos de aguas residuales. CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias de Ambiente. Lima, Perú. 2^{da} ed. 1995, 85 pp.

CURT, María Dolores. Fitodepuración en humedales. Conceptos generales. Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación. cap. 5(61), 2008. Enlace: http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%205.pdf

FITORREMEDIACIÓN: Una Alternativa para Eliminar la contaminación por Delgadillo López, Angélica [et ál.]. México, D.F; Tropical and subtropical Agroecosystems, 14, 2011. 612pp.

FITORREMEDIACIÓN: Fundamentos y Aplicaciones por Núñez López, Roberto [et ál.]. México, D.F., 2004. 15 p.
Enlace: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf

GARCIA Trujillo, Zarela milagros. Comparación y Evaluación de Tres Plantas Acuáticas para Determinar la Eficiencia de Remoción de Nutrientes en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. Trabajo de titulación (Ingeniero Sanitario). Lima, Perú; DoucUC, Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. 23pp.

GOBIERNO REGIONAL DEL CALLAO. Plan maestro del área de conservación regional de humedales de ventanilla (2009- 2014), 1^{er} ed. Lima, Perú. 2009, 210 pp.

GOYENOLA, Guillermo. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. RED MAPSA. Versión 1.0 – junio de 2007

GRAJALES G. Tevni. Tipos de Investigación, vol. XIV, núm. 1, enero-diciembre, 2002, 1 pp.
Enlace: <http://tgrajales.net/investipos.pdf>

JARAMILLO, Mariuxi y FLORES, Edison. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemma Minor (Lenteja de Agua) y Eichhornia Crassipes (Jacinto de agua) en

aguas residuales producto de actividad minera. Trabajo de titulación (Ingeniero Ambiental). Quito, Ecuador; DoucUC, Universidad Politécnica Salesiana, 2012. 90pp.

J RODIER, Análisis de las Aguas. Ediciones Omega S.A. Barcelona 1998. 157 pp.
ISSN: 84-282-0625-2

LACUESTA, Claudio y CRISTOBAL, Melisa. Eficiencia de tres Macrófitas en la remediación de las aguas del arrotto Miguelete. En: Feria Nacional de Clubes de Ciencia. 1°ed, Montevideo, Uruguay. 2013. 34pp.

LONDOÑO Luz y MARÍN Carolina. Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con agua residual sintética. Trabajo de titulación (Tecnólogo Químico). Lima, Perú; DoucUC, Universidad Tecnológica de Pereyra, 2009. 26pp.

MARTELO Jorge y LARA Jaime. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. Vol 8. Ingeniería y Ciencia, 2012, 245 pp.
ISSN 1794–9165.

MARTINEZ Jiménez, Maricela. Progresos en el manejo del Jacinto de Agua (Eichhornia Crassipes)". Cap II, Roma: R. Labrada, 2004. 175pp.
ISBN 92-5-105019-8.

MEERHOFF, Mariana y MAZZEO, Néstor. Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica. 2 ed. Montevideo; Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, 2004. 6pp. Enlace: https://pdfs.semanticscholar.org/960e/660afe4a589bafec1a090c93079c814473b7.pdf?_ga=2.7196338.142676988.1584673287-1156639043.1584673287

MORENO, Daniela, QUINTERO, Jacqueline y LÓPEZ, Armando. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. En revista: Contactos 78, 2010. 25-33 pp.
Enlace: <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>

RAMSAR. Introducción a la convención sobre los humedales. *Manual de la Convención de Ramsar*. [en línea]. 5ed, 2016. [Fecha de consulta: 23 de octubre 2016]. Enlace: https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1_5ed_introductiontoconvention_s_final.pdf

REQUES, Ricardo. Conservación de la Biodiversidad en los Humedales de Andalucía. España: Orni tour S.L, 2003. 48pp.

RODRIGUEZ, Celia, DÍAZ, Miguel y GUERRA, Luis. Acción depuradora de algunas Plantas Acuáticas sobre las Aguas Residuales. Ciudad de La Habana, Cuba, 1995. 3pp.

Enlace: <http://www.ingenieroambiental.com/info/aguas.pdf>

ROBLES, Wilfredo & MADSEN, John. Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes* Mart.) Atlas de Especies Invasoras de Puerto Rico; Puerto Rico, Mayagüez: 2 pp. 1 junio, 2012.

Enlace:

http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20aguaEichhornia%20crassipes_0.pdf.

ROMERO, Jairo (2002) Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño, Escuela Colombiana de Ingeniería. Nuevas Ediciones Ltda. ISBN: 958-8060-13-3

SECRETARIA DE LA CONVENCION RAMSAR. Manual de la Convención de Ramsar. 4ª ed. Gland (Suiza): Ramsar, 2006. 7pp.

VELASCO, Ferney & ESPIMOSA Cesar. Evaluación de la fitorremediación en términos de remoción de carga orgánica, tratando aguas residuales contaminadas con hidrocarburos. Trabajo de titulación (Tecnólogo en Química). Lima, Perú; DoucUC, Universidad Tecnológica de Pereira, 2010. 25pp.

VELASCO, Jacqueline; MARTÍNEZ, Yazmín y LEÓN, Sandy. Eficiencia de dos plantas acuáticas (*Eichhornia Crassipes* y *Pistia Stratiotes*) para el tratamiento de agua residual. Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, Ingeniería Química, 2015. 02 pp.

VERNIER SOFTWARE & TECHNOLOGY. Ciencia con lo Mejor de Vernier. Vernier Software & Technology. Experimento 41. 2006. 2pp ISBN: 9781929075409.

ZAMORA, F., RODRIGUEZ, N., Turres, D., & Yendis, H. (2008). "Efectos del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de las planicie de coro, estado falcón." *SciElo Scientific Electronic Library Online*, 20(3), 193–199.

ZAPATA Palacio, Aura Raquel. "humedales artificiales; una propuesta para la mitigación de la contaminación hídrica de la quebrada la nutria, de los cerros orientales de bogotá d.c." 2004; 52 pp.

Enlace:

http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1930/Zapata_Palacio_Aura_Raquel_2014.pdf?sequence=1

VIII. ANEXOS

Anexo I: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
¿Cómo la remoción de nutrientes con <i>Eichhornia Crassipes</i> reducirá la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” de Ventanilla – callao 2016?	Realizar la remoción de nutrientes con <i>Eichhornia Crassipes</i> para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.	La remoción de nutrientes con <i>Eichhornia Crassipes</i> reducirá la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla- Callao 2016.	Independiente: Remoción de nutrientes con la especie <i>Eichhornia crassipes</i>	D1: La eficiencia de remoción	Capacidad depurativa: ci: concentración inicial de nutrientes (mg/L) cf: concentración final de nutrientes (mg/L)	% depuración $\% = \frac{(ci - cf)}{ci} \times 100$ (mg/L)
				D2: Cantidad de nutrientes	Exceso de Nitratos y Fosfatos	ECA Cat.4 E.1 (mg/L)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Dependiente: Reducción de la Eutrofización del agua	D1: Factores que favorecen la eutrofización	Acumulación de basura	kg
¿Cuál es la eficiencia de remoción de nutrientes con la <i>Eichhornia Crassipes</i> para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016?	Determinar la eficiencia de remoción con la <i>Eichhornia Crassipes</i> para reducir la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.	La eficiencia de reducción de nutrientes con la <i>Eichhornia Crassipes</i> será al 100% en la reducción de la eutrofización en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.		Filtración de aguas servidas	mg/L	
¿Cuál es el nivel de reducción de los agentes contaminantes del agua del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016?	Determinar los niveles de reducción de los agentes contaminantes del agua del humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla – Callao 2016.	Los niveles de los agentes contaminantes disminuirán en un 100% con <i>Eichhornia Crassipes</i> en el humedal del Parque Ecológico Municipal “Laguna El Mirador” en Ventanilla –2016.		D2: Grado de agentes contaminantes (parámetros físicos-químicos)	<ul style="list-style-type: none"> • pH • T • OD • DBO • SST 	ECA Cat.4 E.1 (mg/L)

Fuente: Elaboración Propia

Anexo II: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

CATEGORIA 4

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2

Fuente: Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM (Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación).


Anexo III: Análisis (Pretest) de parámetros para determinar la calidad de agua del humedal

ENSAYO N° 002A-2016

**LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS**

Punto de muestreo: Humedal Parque Ecológico Municipal Laguna "El Mirador" en Ventanilla- Callao
Dirección: Av. La playa rumbo al balneario costa azul
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos (pre-test)
Tipo de muestra: Agua Superficial
Identificación de la muestra: Humedal
Descripción de la muestra: Puntos de muestreo
Muestra tomada por: Bravo Prado, Fiorella Rocio
Fecha de ingreso de muestra: 19/08/2016
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental -UCV
Fecha de realización de ensayos: 22/08/2015 – 26/08/2016

Puntos Parámetros	Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (OD)	Sólidos suspendidos totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Fósforo Total	Nitratos (NO ₃)
Unidades	Numérico	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Métodos	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B	APHA-AWWA-WEF (2012)	APHA-AWWA-WEF (2012) 2540 D	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 P	APHA-AWWA-WEF (2005)
HLMIR01-A	8.52	2.01	37	26.7	0.519	2.59
HLMIR01-B	8.70	1.91	87	24.3	0.493	2.77
HLMIR01-C	8.63	1.91	80	25.2	0.317	2.56
HLMIR02-A	8.56	1.51	119	33	0.460	2.80
HLMIR02-B	8.66	1.51	116	39.9	0.388	2.43
HLMIR02-C	8.55	2.01	99	34.8	0.390	2.55
HLMIR03-A	8.71	3.02	121	27.3	0.413	2.50
HLMIR03-B	8.77	3.02	117	29.7	0.413	2.48
HLMIR03-C	8.73	3.12	135	29.7	0.368	3.22
HLMIR04-A	8.66	3.73	152	24.9	0.403	3.22
HLMIR04-B	8.75	3.42	121	25.2	0.509	3.31
HLMIR04-C	8.70	3.42	134	33.6	0.439	3.26


 Daniel Neciosup Gonzales
 ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL


 V.º. Elmer González Benítez
 ELMER GONZÁLEZ BENÍTEZ
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71998

Anexo IV: Análisis (después de la siembra) de parámetros para determinar la calidad de agua del humedal

ENSAYO N° 002B-2016

**LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS**

Punto de muestreo: Humedal Parque Ecológico Municipal Laguna "El Mirador" en Ventanilla- Callao

Dirección: Av. La playa rumbo al balneario costa azul

Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos (en campo)

Tipo de muestra: Agua Superficial

Identificación de la muestra: Humedal

Descripción de la muestra: Puntos de muestreo


Muestra tomada por: Bravo Prado, Fiorella Rocío


Fecha de ingreso de muestra: 20/09/2016

Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental -UCV

Fecha de realización de ensayos: 20/09/2015 – 27/09/2016

Puntos Parámetros	Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (OD)	Sólidos suspendidos totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Fósforo Total	Nitratos (NO ₃)
Unidades	Numérico	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Métodos	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B	APHA-AWWA-WEF (2012)	APHA-AWWA-WEF (2012) 2540 D	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 P	APHA-AWWA-WEF (2005)
HLMIR01-A	8.07	4.41	39	22.5	0.233	1.95
HLMIR01-B	8.10	4.10	13	23.8	0.262	2.45
HLMIR01-C	8.11	4.21	52	21.9	0.246	1.50
HLMIR02-A	7.92	3.78	45	18.6	0.286	1.88
HLMIR02-B	7.93	3.70	34	20.5	0.241	2.00
HLMIR02-C	7.93	4.00	21	22.2	0.266	2.31
HLMIR03-A	7.90	4.56	85	23.3	0.254	2.21
HLMIR03-B	7.92	4.59	48	20.0	0.225	1.65
HLMIR03-C	7.94	4.65	86	19.6	0.241	1.53
HLMIR04-A	7.95	4.96	17	25.7	0.274	2.15
HLMIR04-B	7.96	4.83	18	25.0	0.295	1.45
HLMIR04-C	7.97	4.82	7	21.5	0.286	1.80


Daniel Neciosup Gonzales
ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL


V. B. Mónica Benítez Alfaro
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 71928

Anexo V: Análisis (a escala laboratorio) de parámetros para determinar la calidad de agua del humedal


ENSAYO N° 002C-2016

**LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV
INFORME DE RESULTADOS
AGUAS**

Punto de muestreo: Humedal Parque Ecológico Municipal Laguna "El Mirador" en Ventanilla- Callao
Dirección: Av. La playa rumbo al balneario costa azul
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos (a escala laboratorio)
Tipo de muestra: Agua Superficial
Identificación de la muestra: Humedal
Descripción de la muestra: Puntos de muestreo
Muestra tomada por: Bravo Prado, Fiorella Rocío
Fecha de ingreso de muestra: 28/10/2016
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental -UCV
Fecha de realización de ensayos: 31/10/2015 – 07/11/2016

Puntos Parámetros	Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (OD)	Sólidos suspendidos totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Fósforo Total	Nitratos (NO ₃)
Unidades	Numérico	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Métodos	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 H B	APHA-AWWA-WEF (2012)	APHA-AWWA-WEF (2012) 2540 D	APHA-AWWA-WEF (2012) APHA 5210 B	APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 P	APHA-AWWA-WEF (2005)
HLMIR01-A	8.07	6.8	17	0.5	0.095	0.90
HLMIR01-B	8.10	6.28	12	1.12	0.095	1.10
HLMIR01-C	8.11	6.5	14	0.64	0.074	0.98
HLMIR02-A	7.92	6.06	13	4.04	0.090	0.98
HLMIR02-B	7.93	5.89	9	3.78	0.135	0.94
HLMIR02-C	7.93	5.99	17	4	0.078	1.15
HLMIR03-A	7.90	6.1	18	4.34	0.103	1.10
HLMIR03-B	7.92	6.16	13	5.02	0.086	0.90
HLMIR03-C	7.94	6.19	22	4.94	0.123	1.16
HLMIR04-A	7.95	6.2	18	1.22	0.062	0.84
HLMIR04-B	7.96	6.24	20	1.16	0.115	0.96
HLMIR04-C	7.97	6.22	11	1.42	0.090	1.02

*(pH) solo se midió antes y después de la introducción de la especie, por ello ensayo 2 y 3 no cambia.


 Daniel Neciosup Gonzales
 ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL


 V.º B.º Mg. Elmer González Benites Alfaro
ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998

Anexo VI: 100 % Capacidad de Oxígeno Disuelto (mg/L)

	770 mm	760 mm	750 mm	740 mm	730 mm	720 mm	710 mm	700 mm	690 mm	680 mm	670 mm	660 mm
0°C	14.76	14.57	14.38	14.19	13.99	13.80	13.61	13.42	13.23	13.04	12.84	12.65
1°C	14.38	14.19	14.00	13.82	13.63	13.44	13.26	13.07	12.88	12.70	12.51	12.32
2°C	14.01	13.82	13.64	13.46	13.28	13.10	12.92	12.73	12.55	12.37	12.19	12.01
3°C	13.65	13.47	13.29	13.12	12.94	12.76	12.59	12.41	12.23	12.05	11.88	11.70
4°C	13.31	13.13	12.96	12.79	12.61	12.44	12.27	12.10	11.92	11.75	11.58	11.40
5°C	12.97	12.81	12.64	12.47	12.30	12.13	11.96	11.80	11.63	11.46	11.29	11.12
6°C	12.66	12.49	12.33	12.16	12.00	11.83	11.67	11.51	11.34	11.18	11.01	10.85
7°C	12.35	12.19	12.03	11.87	11.71	11.55	11.39	11.23	11.07	10.91	10.75	10.59
8°C	12.05	11.90	11.74	11.58	11.43	11.27	11.11	10.96	10.80	10.65	10.49	10.33
9°C	11.77	11.62	11.46	11.31	11.16	11.01	10.85	10.70	10.55	10.39	10.24	10.09
10°C	11.50	11.35	11.20	11.05	10.90	10.75	10.60	10.45	10.30	10.15	10.00	9.86
11°C	11.24	11.09	10.94	10.80	10.65	10.51	10.36	10.21	10.07	9.92	9.78	9.63
12°C	10.98	10.84	10.70	10.56	10.41	10.27	10.13	9.99	9.84	9.70	9.56	9.41
13°C	10.74	10.60	10.46	10.32	10.18	10.04	9.90	9.77	9.63	9.49	9.35	9.21
14°C	10.51	10.37	10.24	10.10	9.96	9.83	9.69	9.55	9.42	9.28	9.14	9.01
15°C	10.29	10.15	10.02	9.88	9.75	9.62	9.48	9.35	9.22	9.08	8.95	8.82
16°C	10.07	9.94	9.81	9.68	9.55	9.42	9.29	9.15	9.02	8.89	8.76	8.63
17°C	9.86	9.74	9.61	9.48	9.35	9.22	9.10	8.97	8.84	8.71	8.58	8.45
18°C	9.67	9.54	9.41	9.29	9.16	9.04	8.91	8.79	8.66	8.54	8.41	8.28
19°C	9.47	9.35	9.23	9.11	8.98	8.86	8.74	8.61	8.49	8.37	8.24	8.12
20°C	9.29	9.17	9.05	8.93	8.81	8.69	8.57	8.45	8.33	8.20	8.08	7.96
21°C	9.11	9.00	8.88	8.76	8.64	8.52	8.40	8.28	8.17	8.05	7.93	7.81
22°C	8.94	8.83	8.71	8.59	8.48	8.36	8.25	8.13	8.01	7.90	7.78	7.67
23°C	8.78	8.66	8.55	8.44	8.32	8.21	8.09	7.98	7.87	7.75	7.64	7.52
24°C	8.62	8.51	8.40	8.28	8.17	8.06	7.95	7.84	7.72	7.61	7.50	7.39
25°C	8.47	8.36	8.25	8.14	8.03	7.92	7.81	7.70	7.59	7.48	7.37	7.26
26°C	8.32	8.21	8.10	7.99	7.89	7.78	7.67	7.56	7.45	7.35	7.24	7.13
27°C	8.17	8.07	7.96	7.86	7.75	7.64	7.54	7.43	7.33	7.22	7.11	7.01
28°C	8.04	7.93	7.83	7.72	7.62	7.51	7.41	7.30	7.20	7.10	6.99	6.89
29°C	7.90	7.80	7.69	7.59	7.49	7.39	7.28	7.18	7.08	6.98	6.87	6.77
30°C	7.77	7.67	7.57	7.47	7.36	7.26	7.16	7.06	6.96	6.86	6.76	6.66
31°C	7.64	7.54	7.44	7.34	7.24	7.14	7.04	6.94	6.85	6.75	6.65	6.55

Tabla 4: Presión Barométrica Aproximada a Diferentes Elevaciones

Elevación (pies)	Presión (mm Hg)	Elevación (pies)	Presión (mm Hg)	Elevación (pies)	Presión (mm Hg)
0	760	2000	708	4000	659
250	753	2250	702	4250	653
500	746	2500	695	4500	647
750	739	2750	689	4750	641
1000	733	3000	683	5000	635
1250	727	3250	677	5250	629
1500	720	3500	671	5500	624
1750	714	3750	665	5750	618

Fuente: Vernier Software & Technology (2006)

Anexo VII: Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: José Guinteros Gómez
 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV-DTC
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
 1.4. Autor(A) de Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

92 %

Lima, del 2016

José Guinteros Gómez
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 41147993 Telf:

Anexo VIII: Registro de Datos de Campo

Autora: Fiorella Rocío Bravo Prado

Fecha: 16/06/ 20016

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

CUENCA: _____

REALIZADOR POR: _____

AAA/ALA: _____

RESPONZABLE: _____

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ubicación	Localidad	Provincia	Departamento	coordenadas ¹		Altura	Fecha	hora	pH	T	OD	COND	CAUDAL/ ² PROFUNDIDAD	OBSERVACIONES ³
					Norte/sur	Este/oeste	msnm				°C	mg/L	μS/cm	m ³ /s o m	

- (1) las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en el sistema UTM para puntos en cuerpos de agua continental y en el sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geográfico WGS84.
- (2) Para el caso de cuerpo lotico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo lentico o marino-costero, indicar la profundidad
- (3) Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas como coloración anormal dela gua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua.

Firma del responsable del monitoreo

Handwritten signature and ID number CBP6917 in blue ink.

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los cuerpos Naturales de Aguas Superficiales R. J N° 182-20011-ANA

Anexo IX: Etiqueta para Muestra de Agua

Autora: Fiorella Rocío Bravo Prado

Fecha: 16/06/ 20016

ETIQUETA PARA MUESTRA DE AGUA

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Solicitante/Cliente:			
Nombre de laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los cuerpos Naturales de Aguas Superficiales R. J N° 182-20011-ANA

Handwritten signature
CBP 6917

Anexo X: Cadena de Custodia

Autora: Fiorella Rocío Bravo Prado

Fecha: 16/06/ 20016

CADENA DE CUSTODIA

Código de numero de Custodia:	Solicitante:	DNI:	Firma:
Institución:	Dirección:	Distrito:	Provincia:
Teléfono:	Responsable del muestreo:	Firma:	Urgencia:

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de muestra	Numero de envases por punto de muestreo	Parámetros físico - químicos						OBSERVACIONES
					SST	DBO	DQO	NITRATOS	FOSFATOS	OD	

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los cuerpos Naturales de Aguas Superficiales R. J N° 182-20011-ANA

Fiorella
GBP6917

Anexo XI: Ficha de Identificación del punto de monitoreo

Autora: Fiorella Rocío Bravo Prado

Fecha: 16/06/ 20016

FICHA DE IDENTIFICACION DEL PUNTO DE MONITOREO

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:

Código y nombre de la cuenca o
Del cuerpo marino - costero

IDENTIFICACION DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:

Descripción:

Accesibilidad:

Finalidad del monitoreo:

Reconocimiento del entorno:

UBICACION

Distrito:	Provincia:	Departamento:
Localidad:		

Coordenadas (WGS84)

Sistemas de coordenadas:


Norte/Latitud:

Zona:

Este/Longitud:

Altitud:

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los cuerpos Naturales de Aguas Superficiales R. J N° 182-20011-ANA


CBP6917

Anexo XII: Conservación y Preservación de muestras de agua en función del parámetro evaluado

CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRA DE AGUA EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO EVALUADO



PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Químico-Físicos			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Turbiedad	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
Bicarbonatos	Plástico o vidrio		14 días
Carbonatos	Plástico o vidrio		14 días
Cianuro libre	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	7 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cianuro WAD			
Cianuro total	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cloruros	Plástico o vidrio		1 mes
Color	Plástico o vidrio	Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	5 días
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
	Plástico	Congelar por debajo de -18° C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	1 mes (6 meses si >50 mg/L)
Demanda química de oxígeno	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con H ₂ SO ₄	6 meses
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	6 meses
Dureza	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Fluoruros	Plástico, pero sin PTFE		1 mes
Olor	Vidrio	Se puede realizar un análisis cualitativo <i>in situ</i> .	6 horas
Silicatos	Plástico		1 mes
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio		7 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio		2 días
Sulfatos	Plástico o vidrio		1 mes
Sulfuros	Plástico	Fijar el sulfuro al agregar 2 ml de solución de acetato de zinc. Si el pH no está entre 8,5 y 9,0, agregar NaOH. Si se sospecha que el agua ha sido clorada, por cada 1000 ml de muestra agrega 80 mg de Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O al recipiente tras la recolección de la muestra (o tras el muestreo).	7 días
Sulfuro de hidrógeno			

Fuente: ANA, Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los cuerpos Naturales de Aguas Superficiales R. J N° 182-20011-ANA

CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRA DE AGUA EN FUNCIÓN
DEL PARÁMETRO EVALUADO



PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Nutrientes			
Fosfatos	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Filtrar <i>in situ</i> . Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
		Congelar por debajo de -18° C.	1 mes
Fósforo total	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con H ₂ SO ₄ o HNO ₃	1 mes
		Congelar por debajo de -18° C.	6 meses
Nitrógeno amoniacal	Plástico o vidrio	Filtrar <i>in situ</i> .	24 horas
	PE	Filtrar <i>in situ</i> . Acidificar a pH 3+0,5 con HNO ₃	14 días
	Vidrio o PTFE	Filtrar <i>in situ</i> . Acidificar a pH 1 - 2 con H ₂ SO ₄ . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	1 mes
Nitratos	Plástico o vidrio	Filtrar <i>in situ</i> .	4 días
Nitritos	Plástico o vidrio	Filtrar <i>in situ</i> .	4 días
Nitrógeno total	Plástico o vidrio	Filtrar <i>in situ</i> .	4 días
	Plástico	Acidificar a pH 1 - 2 con H ₂ SO ₄ .	1 mes
Metales y metaloides			
Corrida de metales totales	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Corrida de metales disueltos	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Filtrar <i>in situ</i> . Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Aluminio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Antimonio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ . Se debería usar HCl si se usa la técnica de hidruros para análisis.	1 mes
Arsénico	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ . Se debería usar HCl si se usa la técnica de hidruros para análisis.	6 meses
Bario	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Berilio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Boro	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Cadmio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Calcio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Cobalto	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Cobre	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Cromo	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Cromo hexavalente	Plástico o vidrio		24 horas
Hierro	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes

Fuente: ANA, Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los cuerpos Naturales de Aguas Superficiales R. J N° 182-20011-ANA

CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRA DE AGUA EN FUNCIÓN
DEL PARÁMETRO EVALUADO



PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Litio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Magnesio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Manganeso	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO ₃ .	1 mes
Mercurio	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Níquel	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Plata	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃ .	1 mes
Plomo	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Selenio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃ . Se debería usar HCl si se usa la técnica hídrica para análisis.	1 mes
Sodio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Uranio	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Vanadio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Zinc	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Orgánicos			
Aceites y grasas	Vidrio, boca ancha	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl, HNO ₃ o H ₂ SO ₄	1 mes
Hidrocarburos totales de petróleo, HTTP	Vidrio, boca ancha		4 días
		Acidificar a pH 1 - 2 con HCl, HNO ₃ o H ₂ SO ₄	1 mes
Detergentes	Vidrio		2 días
		Agregar solución de formaldehído.	4 días
		Congelar por debajo de -18° C.	1 mes
Compuestos orgánicos volátiles			
1,1,1-Tricloroetano	Vidrio o viales (espacio de cabeza) con tapa con septa de PTFE	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃ o H ₂ SO ₄	2 días (24 horas sin preservación)
1,1-Dicloroetano			
1,2-Dicloroetano			
1,2-Diclorobenceno			
Tetracloroetano			
Tetracloruro de Carbono			
Trihalometanos totales			
Tricloroetano			
Hexaclorobutadieno	Vidrio oscuro	Ajustar pH a 5,0 - 7,5	7 días (24 horas, si el pH está fuera del rango de 5,0-7,5)



Fuente: ANA, Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los cuerpos Naturales de Aguas Superficiales R. J. N°182-20011-ANA